Digitized by Google

Verdun

Digitized by Google

VERDAM
3 V T C

Digitized by Google

Digitized by Google

Uebersicht der ersten 99 Bände vom Schauplatz der Künste und Handwerke.

1r Bd. Cupels Conditor 1 Rthl. — 2r Bd. Thons Kunst, Bücher zu binden 1 Rthl. — 3r Bd. Thons Holzbeink. 1 Rthl. — 4r Bd. Kunst d. Seifensiedens u. Lichtziehens 1 Rthl. 6 gGr. — 5r Bd. Stöckels Tischlerk. 1 Rthl. 12 gGr. — 6r Bd. Vitalis Färbek. 3. Aufl. 2 Rthl. — 7r Bd. Wolfersdorfs Bäcker 1 Rthl. 18 gGr. — 8r Bd. Schulze's Goldarbeiter 1 Rthl. 8 gGr. — 9r Bd. Heyders Kleidermacherkunst. 1 Rthl. — 10r Bd. Watins Staffirmaler 1 Rthl. — 11r Bd. Der Schuh- u. Stiefelmacher 18 gGr. — 12r Bd. Thons Fleischerhandwerk 16 gGr. — 13r Bd. Huths Kochk. 2. Aufl. 20 gGr. — 14r Bd. Thons Lackirk. 2 Rthl. — 15r Bd. Thons Drehkunst 1 Rthl. 12 gGr. — 16r Bd. Der Parfümeur 16 gGr. — 17r Bd. Morgensterns Ledergerberei 18 gGr. — 18r Bd. Thons Gebäudemaler u. Decorateur 1 Rthl. — 19r Bd. Wölfers Treppenbau 8 gGr. — 20r Bd. Servière's Bierbrauerei u. Bierkellereiwirthschaft 12 gGr. — 21r Bd. Riffaults Färberei 16 gGr. — 22r u. 23r Bd. Matthaey's Handb. für Maurer u. Steinhauer. 2 Bde. m. schw. Kpf. 2 Rthl. 18 gGr., m. ill. Kpf. 5 Rthl. — 24r Bd. Schedels Destillirk. u. Likörfabr. 12 gGr. — 25r Bd. Thons Fabrikant bunter Papiere, 1 Rthl. — 26r Bd. Matthaey's Stein- u. Dammsetzer 1 Rthl. 8 gGr. — 27r Bd. Schulze's Bau der Reitsättel u. Kummte. 18 gGr. — 28r Bd. Wölfers Kalk- u. Gypsbrennerei 18 gGr. — 29r Bd. Servière's Cultur ꝛc. d. Weine 18 gGr. — 30r Bd. Auchs Handb. für Landuhrmacher 1 Rthl. 8 gGr. — 31r Bd. Hocks Beschreib. der Nadlerarbeiten 12 gGr. — 32r Bd. Beumenbergers Juwelier 18 gGr. — 33r Bd. Fontenelle's Essig- u. Senfbereitung 20 gGr. — 34r Bd. Schallers Ziegler 1 Rthl. 6 gGr. — 35r Bd. Thons Wachsfabrikant u. Wachszieher 1 Rthl. — 36r Bd. Fontenelle's Oelbereitung u. Oelreinigung 1 Rthl. 6 gGr. — 37r Bd. Wettengels Geigen- u. Bogenmacherkunst 2 Rthl. 12 gGr. — 38r Bd. Pilzeckers Hutmacherkunst 18 gGr. — 39r Bd. Bergmanns Stärke- und Puderfabrikation 18 gGr. — 40r Bd. Peclets Kunst d. Gebäude-, ꝛc. Erleuchtung 1 Rthl. 12 gGr. — 41r Bd. Leischner's Liniirkunst 18 gGr. — 42r Bd. Handb. d. Frisirkunst 12 gGr. — 43r Bd. Peschecks Ganzes d. Steindrucks 16 gGr. — 44r Bd. Haumanns Seidenbau 1 Rthl. — 45r Bd. Der Brunnen-, Röhren-, ꝛc. Meister u. Bleiarbeiter 1 Rthl. — 46r Bd. Stratinghs Bereitung ꝛc. d. Chlors 1 Rthl. 12 gGr. — 47r—49r Bd. Matthaey's Handb. f. Zimmerleute in 3 Bd. 5 Rthl. — 50r Bd. Petri, Handb. d. Schlosserkunst 1 Rthl. — 51r Bd. Matthaey, der Ofenbaumeister 1 Rthl. 6 gGr. — 52r Bd. Matthaey, Kunst des Bildhauers 1 Rthl. 12 gGr. — 53r Bd. Lebrun, Klempner u. Lampenfabrikant 1 Rthl. 4 gGr. — 54r Bd. Thon, Lehrb. d. Kupferstecherkunst 1 Rthl. 12 gGr. — 55r Bd. Thon, Lehrb. d. Reißkunst 1 Rthl. 12 gGr. — 56r Bd. Frick, Kunst, weißes Steingut anzufertigen 2 Rthl. — 57r u. 58r Bd. Weinholz, Handb. d. Mühlenbaukunst 2 Bde. 6 Rthl. — 59r Bd. Leischner, Verfert. aller Arten Pappa-beiten. 1 Rthl. — 60r Bd. Thon, Meerschaumpfeifenköpfe zu verfertigen. 18 gGr. — 61r Bd. Matthaey, Dachdecker 1 Rthl. 12 gGr. — 62r Bd. Leng's Gewerbskunde 2 Rthl. — 63r Bd. Bürck, Handb. f. Goldarbeiter ꝛc. 1 Rthl. 12 gGr. — 64r Bd. Cyliar, Hdb. f. Riemer u. Sattler 1 Rthl. 6 gGr. — 65r Bd. Lebruns Handb. d. Wagners ꝛc. 3 Rthl. — 66r—71r Bd. Verdam, angewandte Werkzeugswissenschaft u. Mechanik. 1r Th. 1 Rthl. 12 gGr. — 2r Th. 3 Rthl. — 3r Th. 2 Rthl. — 4r Th. 1e—3e Abth. A. u. d. T. Verdam, Dampfmaschinen zu erbauen, 1e—3e Abth. 4 Rthl. 6 gGr. — 4r Th. 4e u. letzte Abth. 1 Rthl. 6 gGr. — 72r Bd. Lengs Handbuch der Zuckerfabrik. 2 Rthl. — 73r u. 74r Bd. Lenormands Handbuch der Papierfabrik. 2 Thle. 5 Rthl. — 75r Bd. Schumanns Kunst, Porzellan und weißes Steingut ꝛc. 1 Rthl. 12 gGr. — 76r Bd. Biot, Anlegung aller Arten von Eisenbahnen 1 Rthl. 8 gGr. — 77r Bd. Wölfer, Stukkatur- ꝛc. Arbeit. 1 Rthl. — 78r Bd. Sternheims Gnomonik 1 Rthl. 12 gGr. — 79r Bd. Lenas Glasfabrik. 2 Rthlr. 16 gGr. — 80r u. 81r Bd. Hartmanns prakt. Metallurgie. 2 Bde. 3 Rthl. 8 gGr. — 82r Bd. Siddons engl. Rathgeber 1 Rthl. 18 gGr. — 83r Bd. Greeners Gewehrfabrik. 1 Rthl. 8 gGr. — 84r Bd. Lengs Handschuhfabrikant 1 Rthl. — 85r Bd. Landrins Kunst d. Messerschmieds 1 Rthl. 16 gGr. — 86r Bd. Röslings Beinschwarzfabrikation 2 Rthl. — 87r Bd. Thons Staffirmalerei u. Vergoldungskunst. 1 Rthl. 6 gGr. — 88r Bd. Bastenaire-Daudenarts Töpfer. 1 Rthl. 6 gGr. — 89r Bd. Thon's Klavier-, Saiten-Instrumente. 18 gGr. — 90r Bd. Barfuß Geschichte der Uhrmacherkunst 1 Rthl. 6 gGr. — 91r Bd. Wölfers Seilerhandwerk 20 gGr. — 92r Bd. Lustfeuerwerkerei 20 gGr. — 93r Bd. Ure's prakt. Handb. des Baumwollen-Manufacturwesens 4 Rthl. 12 gGr. — 94r Bd. Wölfer, Pergamenter, Leimsieder u. Potaschenfabrik. 1 Rthl. — 95r Bd. Thon, Branntweinbrenner 1 Rthl. 16 gGr. — 96r Bd. Schmidt, Bierbrauerei 1 Rthl. 18 gGr. — 97r Bd. Hartmann, Probirkunst 20 gGr. — 98r Bd. Janvier, Dampfschiffe 1 Rthl. — 99r Bd. Bergmann, Mühlenbauer 2 Rthl. 12 gGr.

Digitized by Google

Neuer

Schauplatz der Künste und Handwerke.

Mit

Berücksichtigung der neuesten Erfindungen.

Herausgegeben

von

einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten.

Mit vielen Abbildungen.

Hundertster Band.

Verdam's angewandte Werkzeugswissenschaft und Mechanik.

Weimar, 1839.

Druck, Lithographie und Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

Digitized by Google

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK

Die

Grundsätze

nach welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen sind.

Ein

populäres Hand- und Lehrbuch

für

Maschinenbaumeister, Fabrikbesitzer und Gewerbsschulen.

Ergänzungsband,

enthaltend

die verschiedenen Arten, die Bewegung vom Treibkolben überzutragen und aus dieser Bewegung diejenige der verschiedenen arbeitenden Theile abzuleiten, so wie auch Regeln zur Bestimmung der Dimensionen oder der sogenannten Stärke der sich bewegenden und die Bewegung vermittelnden Theile der Dampfmaschinen.

Von

G. J. Verdam,

vormal. Professor der praktischen Mechanik und Director der Schule zu Gravenhage.

Aus dem Holländischen übersetzt

von

Dr. Christ. Heinr. Schmidt.

Weimar, 1839.

Druck, Lithographie und Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorrede.

Eine der wichtigsten Betrachtungen für den Lehrer der angewandten Mechanik ist diejenige der Bewegkräfte und der bewegenden Maschinen, durch welche das Vermögen dieser Kräfte auf die zweckmäßigste und vortheilhafteste Weise sowohl zum Treiben anderer Maschinen, als auch, um im Allgemeinen verschiedene Wirkungen des Drucks und der Bewegung zu erzeugen, benutzt werden kann.

Unter den Bewegkräften sind diejenigen, welche durch den Druck, durch das Ausströmen, durch das Anströmen und durch den Fall des Wassers, — durch den Druck und den Stoß der bewegten Luft, oder des Windes, — und durch den Druck oder die Spannung der Dämpfe

Digitized by Google

des kochenden Wassers bestehen, die hauptsächlichsten. Aber von diesen allgemeinen Bewegkräften verdient die letztgenannte unsere meiste Aufmerksamkeit, da sie die vermögendste ist und wir über dieselbe ganz nach Wohlgefallen mit der geringsten Beschränkung der Zeit, der Oertlichkeit und des Zwecks verfügen können.

Die Maschinen, mit deren Hilfe die Bewegkräfte des Wassers und des Windes zu einem bestimmten Zwecke benutzt werden, sind einfach; und obgleich sie eine bessere Wirkung gewähren, wenn ihre Zusammensetzung vollkommener ist, so verhindert doch eine geringere Genauigkeit der Konstruction keineswegs, daß man die Wirkung häufig noch als ausreichend betrachten kann.

Mit der bewegenden Maschine, durch welche die Kraft des Dampfes nützlich angewendet wird, und die den Namen Dampfmaschine trägt, ist es eine ganz andere Sache.

Eine fehlerhafte Zusammensetzung dieser Maschine ist nicht allein höchst nachtheilig, sondern sie kann auch die Ursache seyn, daß die beabsichtigte Wirkung nicht erlangt wird; mit andern Worten, die verlangte oder beabsichtigte Wirkung ist hier ganz abhängig von der richtigen Konstruction der bewegenden Maschine und deshalb

Digitized by Google

ist die Betrachtung derselben nicht minder wichtig, als diejenige der Bewegkraft selbst.

Die Dampfmaschine ist, — durch ihre stufenweisen Verbesserungen und besonders durch ihre Anwendung als Mittel, um andere Maschinen unter den verschiedensten Umständen damit treiben oder bewegen zu können, — die wichtigste Veranlassung zur nothwendigen Verbesserung von vielerlei künstlichen Ausführungen gewesen, und man kann sagen, daß diese Maschine auch den Keim hervorgebracht hat, aus welchem in dem Zeitabschnitte der letzten 70 Jahre die Industrie der cultivirtesten Nationen sich so vortheilhaft und in vielen Hinsichten so heilsam entwickelt hat. Man denke nur an die Verbesserungen der Eisenarbeiten und an die Verbreitung und Vervollkommnung der Kattunmanufactur, welche in dem mächtigen Großbritannien ohne die Dampfmaschine, oder wenn die Bewegkraft derselben zu nichts anderem hätte benutzt werden können, als zum Wasserheben in den Bergwerken, sehr beschränkt geblieben seyn würde.

Aber wenn die Dampfmaschine der Gewerbsthätigkeit ein neues Leben, oder eine ausgebreitetere und edlere Existenz gegeben und dadurch einen eben so günstigen Einfluß auf den Land-

Digitized by Google

bau und auf den Handel ausgeübt hat, so ist auch die Erfindung und die Verbesserung dieser Maschine von einem großen Werthe für die Wissenschaften gewesen. Dieses ergibt sich schon aus den wichtigen Entdeckungen in der Naturgeschichte und Chemie, und aus den vielerlei nützlichen, wichtigen und glücklichen Anwendungen, welche aus der nothwendigen Untersuchung zur Verbesserung der Künste und ihrer Leistungen hervorgegangen sind, was wiederum als eine Folge der Existenz und der Verbesserungen der Dampfmaschine zu betrachten ist. Die Dampfmaschine hatte jedoch einen noch unmittelbaren Werth für die mathematischen und Naturwissenschaften, weil erstens ihre Wirkung, ihre Zusammensetzung oder Einrichtung und Konstruction auf Gründen der Physik und Mathematik beruhten, — weil durch ihre Verbesserungen diese Gründe entweder in ein helleres Licht gesetzt, oder besser befestigt worden sind, und weil die Verbesserungen, die aus der Praxis hervorgegangen sind, gegenseitig zur Vermehrung von Kenntnissen und zur Ausbreitung der Untersuchung Veranlassung gegeben haben. Auf diese Weise haben viele Theile der angewandten Mathematik ein ganz neues Ansehen erlangt; auf diese Weise sind die Haupt-

Digitized by Google

grundsätze der Mechanik ganz praktisch geworden und mehr als Regeln einer nützlichen Kunst, denn als Grundsätze einer wichtigen Wissenschaft; und die scharfe Linie, die durch Unkunde und Vorurtheil zwischen dem gezogen war, was man Theorie und Praxis zu nennen pflegte, ist dadurch ausgelöscht worden.

Die gründliche Kenntniß der Dampfmaschinen ist deshalb für denjenigen, der die angewandte Mechanik zur Ausübung bringt, von dem wichtigsten Belang; aber auch derjenige, welcher ausgerüstet ist mit wissenschaftlichen Grundsätzen, findet in der Betrachtung der Einrichtung und Zusammensetzung der Dampfmaschine einen Gegenstand des Studiums, — so reich an Verschiedenheit vielfacher Untersuchungen und Anwendungen, — so geeignet, um unmerklich zur Kenntniß von vielerlei Eigenthümlichkeiten der mechanischen Künste und der künstlichen Behandlung der Stoffe zu gelangen, — so vortrefflich, um das Vernünftige der heutigen Erfindungen oder den Werth verschiedener Ideen kennen zu lernen, — daß er durch keine andere Beschäftigung seine gesammelten Grundsätze besser befestigen und anwenden, noch auch in einigen andern eine zweckmäßigere Anleitung finden kann, sich mit

Digitized by Google

den wichtigsten Theilen der mechanischen Praxis bekannt zu machen.

In verschiedenen wissenschaftlichen Werken ist die Dampfmaschine, wie sie unter vielerlei Formen und Modificationen vorkommt, mehr oder weniger ausführlich beschrieben. Die Betrachtung der Dampfmaschine ist der einzige Gegenstand vieler Schriften. Meistentheils enthalten dieselben nur Beschreibungen oder geschichtliche Entwickelungen, manchmal nur eine Aufzählung von Erfindungen, übertriebene Berichte von Erfindern oder eine stattliche Schaustellung hochtrabender wissenschaftlicher Grundsätze und Folgerungen, Aufzählungen schöner Versuche ꝛc., ohne daß das Praktische von diesem allen nur mangelhaft nachgewiesen ist, gleichsam als ob dieses von geringem Belang sey. An und für sich können die Schriften Werth haben und nützlich seyn, aber für die Anwendung sind sie weniger geeignet.

Nur zwei Schriften über die Dampfmaschinen, — nämlich die von Farey und von Tredgold, — verdienen den Namen praktischer Schriften, d. h. solcher, in welchen die Einrichtungen der Dampfmaschinen nicht allein gründlich beschrieben und beurtheilt sind, sondern in welchen

Digitized by Google

auch besonders auf die Untersuchung von Regeln geachtet ist, die man in der Praxis bei der Erbauung von Dampfmaschinen und bei der Bestimmung der Größe ihrer Theile befolgt oder befolgen muß. Solche Angaben und Entwickelungen von Regeln, wie auch Beurtheilungen der mehr oder weniger guten Formen und Einrichtungen der Bestandtheile einer Maschine verlangt der ausübende Künstler. Auf dieselben muß in einem praktischen Werke ganz besonders geachtet werden.

Farey's Werk, welches den Titel führt: „a Treatise on the Steame-engine, historical, practical and descriptive," enthält zum großen Theil eine getreue Mittheilung der Erfindungen sowohl des unsterblichen James Watt, als seiner Vorgänger; — deutliche und ausführliche Beschreibungen der Einrichtung des Dienstes und der Steuerungsart der Dampfmaschinen von niederem Drucke, die zu verschiedenen Zwecken dienen und nach Watt's System, oder nach demjenigen anderer berühmter Dampfmaschinenbauer eingerichtet sind; — endlich Angaben und Entwickelungen von Regeln (mit einer bewundernswerthen Umsicht untersucht und geprüft) für die Bestimmung der Dimensionen vieler Bestandtheile der gewöhnlichen Dampfmaschinen von niederem

Digitized by Google

Druck. Dieses Werk ist in einem einfachen (obgleich etwas langweiligen) Style geschrieben und hat großen Werth, ist aber nicht vollständig.

Tredgold hat in seinem Werke „The Steame-engine, comprising an account of its Invention and progressive improvements etc. etc.“ auf eine höchst compendiöse Weise alles zusammengefaßt, was man in einer theoretischen, beschreibenden und praktischen Schrift über Dampfmaschinen verlangen kann. Aber dieses in vielen Hinsichten wichtige Werk verliert viel von seinem Werthe durch viele verkehrte Angaben und selbst falsche Resultate von Betrachtungen und Berechnungen, die in der Praxis zu groben Fehlern führen können. Tredgold hat vielleicht der Sucht zu sehr nachgegeben, eine gewisse Fertigkeit, neue Anwendungen der Mathematik zu machen, an den Tag zu legen; aber er hat dabei auch viele Umstände unberücksichtigt gelassen, so daß man in der Praxis zu ganz andern Resultaten gelangt, als nach seinen Berechnungen.

So leicht es auch ist, die Fehler in dem Werk eines Andern zu bemerken, eben so schwierig ist es häufig, etwas Besseres zu Tage zu fördern, oder es zu vermeiden, in andern Hinsichten nicht noch größere Fehler zu begehen. Es

Digitized by Google

ist deshalb auch nicht der Zweck des Verfassers dieser Abhandlung über die Dampfmaschinen, welche hier praktischen Mechanikern dargeboten wird, die unvollendete Arbeit Farey's und das Fehlerhafte oder weniger zu Empfehlende in Tredgold's Werke hervorzuheben, als ob er spätere Erfahrungen benutzend und durch sorgfältigere Beobachtungen oder schärfere Bemerkungen erleuchtet dem gewünschten Ziele so nahe gerückt wäre, daß wenig mehr zu wünschen übrig blieb. Eines Theils haben ihm die genannten Werke häufig zu sehr als Führer gedient, als daß er die großen Verdienste ihrer Verfasser und seine eigne Mittelmäßigkeit nicht erkennen sollte. Andern Theils ist er zu sehr überzeugt, daß die Vollkommenheit einer praktischen Schrift über die Dampfmaschinen erst bei höhern Anforderungen der Kunst und durch reifere Ergebnisse besonderer Untersuchung erwartet werden kann. Es sey ihm nur die Versicherung vergönnt, daß er gestrebt hat, die Lücken auszufüllen, indem er alle die Einzelnheiten, deren Kenntniß für den Unterricht und für die Praxis wünschenswerth seyn kann, vollständiger, als bis jetzt geschehen war, untersuchte, beurtheilte und entwickelte, — daß er für diesen Zweck so viel wie möglich die Anforderungen der

Digitized by Google

Kunst benutzt hat, — und daß ihm weder Studium, noch Untersuchung, noch fortdauernde Anspannung zu schwierig oder zu groß gewesen sind, um diese ausgebreitete Arbeit nach seinen besten Kräften, jedoch mit unermüdlichem Eifer zu vollbringen.

Dieses Werk zerfällt in drei Hauptabtheilungen.

Die erste Abtheilung enthält allgemeine Betrachtungen über die Wirkung der Wärme und über die Art, die Eigenschaften und Wirkungen der Dämpfe des kochenden Wassers.

Die zweite Abtheilung bildet den beschreibenden Theil und enthält Beschreibungen der Einrichtung, Erklärungen der Wirkung, — und Entwickelungen der Regeln zur Bestimmung des Kraftvermögens der Dampfmaschinen, die in der Art der Zusammensetzung verschieden, oder für besondere Zwecke und Dienste verschiedenartig eingerichtet sind.

Ueber die vielfachen Anwendungen der Dampfmaschine zum Bewegen oder Transportiren von Lasten und zum Treiben anderer Maschinen konnte blos das Hauptsächlichste erwähnt werden, deshalb ist auch die Einrichtung der Dampfmaschinen zum Bugsiren der Schiffe und zur Fortbewegung von Wagen auf Eisenbahnen blos nach den wichtigsten Eigenthümlichkeiten beschrieben wor-

Digitized by Google

den. Diese Anwendungen sind aber in den letzten Jahren auch so beträchtlich ausgebreitet und vervollkommnet worden, daß sie bereits einen Gegenstand besonderer Schriften ausmachen.

Außer einigen nothwendigen Erwähnungen ist nicht die Rede gewesen von der ursprünglichen Einrichtung der Dampfmaschinen, noch auch von ihrer allmähligen Vervollkommnung. Dieses gehört zum geschichtlichen Theile des Studiums der Dampfmaschinen, und in dem gegenwärtigen Zustande der Kunst kann man das vorragend Vernünftige der ersten Erfindungen und den wesentlichen Werth der gemachten Forderungen besser ermessen lernen, nachdem man sich erst bekannt gemacht hat mit der Dampfmaschine, wie sie gegenwärtig unter vielerlei Formen besteht.

In der dritten Abtheilung, für die Anwendung die wichtigste, werden die besondern Bestandtheile der Dampfmaschinen besonders durchgegangen. Diese Abtheilung enthält auch ausführliche Erklärungen und Beurtheilungen der gehörigen Formen und der zweckmäßigen Einrichtungen dieser Theile, wie auch insonderheit die Entwickelung der Grundsätze und Regeln, welche man beim Bau der Dampfmaschinen und bei der Bestimmung der Dimensionen der Bestandtheile befolgen kann.

Digitized by Google

Obgleich der Verfasser sich vorgesetzt hatte, in einem ausführlichen Anhange viele wichtige Gegenstände, die im betrachtenden und beschreibenden Theile erwähnt oder nur berührt sind, näher zu erläutern und weiter zu entwickeln, so hat er dennoch, um seine Schrift nicht zu sehr anzuschwellen, von diesem Vorsatze abstehen müssen. Von größerem Belang ist es ihm erschienen nach Vollendung seines Werks, dasselbe einer Revision zu unterwerfen, um theils einige Verbesserungen angeben, als auch besonders ein hinlänglich ausführliches Sachregister mittheilen zu können, durch welches man in den Stand gesetzt wird, zu übersehen oder neben einander zu stellen, was über denselben Gegenstand, oder über den Dienst, die Wirkung, die Einrichtung und das Maas dieses Theils in den verschiedenen Abtheilungen und Kapiteln erwähnt und beschrieben, oder in verschiedenen Betrachtungen erörtert worden ist.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniß.

Anhang des praktischen Theiles, in welchem gehandelt wird über die Dimensionen, wie auch über die besondern Einrichtungen und Formen der Bestandtheile der Dampfmaschinen.

Seite

Sechstes Kapitel.

Ueber die verschiedenen Arten, die Bewegung des Dampfkolbens fortzupflanzen, oder dieselbe so in Richtung und in Maas zu verändern, als zum Treiben von Maschinen oder zur Bewegung von Maschinentheilen erforderlich ist. Einrichtungen und Formen der Theile, welche diesem Zwecke dienen . . . 1

§. 1. Ueber die Arten oder Mittel, welche zweckmäßig angewendet werden können, um aus der Bewegung eines Dampfkolbens diejenige einer Welle abzuleiten, welche über oder unter dem Dampfcylinder liegt und deren Richtung mit derjenigen der Bewegung des Kolbens einen rechten Winkel bildet 3

Digitized by Google

Seite

A. Wenn die Kolbenstange unmittelbar oder mittelbar in Augen oder zwischen Spuren (Geleisen) und Leitpfosten geleitet wird . . . . . —

Betrachtung der Wirkung der Kurbel und der relativen Bewegungen der Dampfkolbenstange, der Kurbelstange und der Kurbel 4

B. Wenn die vertikale Bewegung der Kolbenstange bestimmt wird durch die Wirkung von entgegengesetzten Balanciers oder Lenkstangen 36

C. Wenn die geradlinige Bewegung der Dampfkolbenstange bestimmt wird durch Räderwerk, das in entgegengesetztem Sinne wirkt, um die verlangte rotirende Bewegung aus der abwechselnden Bewegung dieser Stange abzuleiten 62

§. II. Ueber die Arten oder über die Mittel der Fortpflanzung der Bewegung des Dampfkolbens auf eine Welle, die außerhalb der verlängerten Richtung der Dampfkolbenstange liegt, jedoch immer mit dieser Richtung einen rechten Winkel bildet 68

A. Wenn die Entfernung zwischen den Richtungen der Welle und der Dampfkolbenstange kurz ist . . . —

B. Wenn der Abstand zwischen den Richtungen der Welle und der Kolbenstange nicht gering ist, oder viel größer angenommen wird, als in der vorhergehenden Voraussetzung 71

Theorie des Charnierparallelogrammes . . . 87

Beispiele und Angaben besonderer Einrichtungen des Charnierparallelogrammes 102

Digitized by Google

Seite

Erklärung der Formen und Verbindungsarten der Theile des Charnierparallelogrammes . . 110

Fortsetzung der Betrachtung des Charnierparallelogrammes 125

Fortpflanzung der Bewegung eines Dampfkolbens auf eine Welle mittelst eines Balanciers und einer Kurbelstange nebst Kurbel, oder mittelst eines Sonnen- und Planetenrades, oder anderer Mittel 146

§. III. Kurze Angabe gebräuchlicher Mittel, um aus der abwechselnden Bewegung eines Dampfkolbens andere abwechselnde Bewegungen abzuleiten . 148

Siebentes Kapitel.

Ueber die Arten oder Mittel, aus der Bewegung des Dampfkolbens die Bewegung der verschiedenen arbeitenden Theile einer Dampfmaschine abzuleiten. Mittel, den Gang einer Dampfmaschine zu reguliren, den Effect zu messen ꝛc. 156

§. I. Bewegung des Kolbens der Luftpumpe und der Wasserpumpen . . . . . —

§. II. Ueber die mechanischen Mittel, um Dampfventile Dampfschubladen ꝛc. regelmäßig zu bewegen 164

A. Bewegung der Dampfventile 165

Theorie der excentrischen Scheibe . . . 178

B. Bewegung der Dampfhähne 205

C. Bewegung der Dampfschubladen, der Dampfschiebeventile ꝛc. 236

Digitized by Google

Seite

Beschreibung einiger besonderer Einrichtungen von Dampfschubladen ꝛc. 259

§. III. Ueber die Mittel, den Gang einer Dampfmaschine zu reguliren und den Effect zu messen oder auszumitteln 266

Das konische oder rotirende Pendel . . —

Andere Arten von Regulatoren 274

Das Schwungrad 277

Uebergewichte und Gegengewichte . . . 278

Mittel, den Nutzeffect einer Dampfmaschine zu messen oder auszumitteln 281

Kraftmesser 282

Indicator 284

Zähler 288

Achtes Kapitel.

Ueber die Stärke der Theile und ganz besonders der in Bewegung befindlichen Theile der Dampfmaschinen. 291

§. I. Ueber die Stärke der Stangen, welche zur Fortpflanzung oder Mittheilung der Bewegung dienen 294

Dampfkolbenstange . . . . . —

A. Stangen, welche blos gezogen werden . . . —

B. Stangen, welche geschubt werden 296

Pumpenstangen 298

A. Stange des Luftpumpenkolbens 298

B. Stange der Kaltwasserpumpe 303

C. Stange der Speisepumpe 305

Digitized by Google

Seite

Auf- und niedergehende Stangen und Kurbelstangen 306

A. Auf- und niedergehende Verbindungsstangen . . 307

B. Kurbelstangen 308

Stangen der Parallelogramme ꝛc. 316

A. Vorder- und Hinterstangen und Verbindungsstangen —

B. Parallelstangen und Zugstangen 318

§. II. Ueber die Stärke der Balanciers, der Hebel, der Querhäupter, der Kurbeln ꝛc. 321

Balanciers . . . . . —

Hebel- und Kniestücke 335

Gebogene Hebel 338

Querhäupter 339

Kurbeln 342

§. III. Ueber die Stärke der Bolzen, Warzen, Achsen und Hälse der Achsen 348

Bolzen und Warzen . . . . . —

A. Bolzen von Balanciers 349

B. Zapfenförmige Enden und Zapfen der Büchsen für die Enden der Balanciers 353

C. Bolzen für Parallelogramme und Kurbelstangen . 354

Kurbelwarze 356

Achsen und Hälse der Achsen 362

§. IV. Ueber die Dimensionen der Schwungräder und über die Stärke der Zahnräder 370

Schwungräder . . . . . —

Digitized by Google

Seite

Speichen der Schwungräder 378

Zahnräder 384

Verbesserungen und Zusätze für die I. u. II. Abtheilung 392

Verbesserungen und Zusätze der III., IV. und V. Abtheilung oder des Ergänzungsbandes . . . 401

Digitized by Google

Sechstes Kapitel.

Ueber die verschiedenen Arten, die Bewegung des Dampfkolbens fortzupflanzen, oder dieselbe so in Richtung und in Maas zu verändern, als zum Treiben von Maschinen, oder zum Bewegen von Maschinentheilen erforderlich ist. Einrichtungen und Formen der Theile, welche diesem Zwecke dienen.

---

247. Welches auch der Dienst oder die Bestimmung einer Dampfmaschine seyn möge, so ist doch die Art der Bewegung, welche unmittelbar von derjenigen des Dampfkolbens abgeleitet wird, meistentheils eine rotirende; und diese wird alsdann benutzt, um andere Maschinen zu treiben, oder um mit gewissen mechanischen Theilen einen bestimmten Effekt zu erlangen. Selbst wenn man sich blos darauf beschränkt, Lasten empor zu heben oder nieder zu lassen, oder eine hin- und hergehende Bewegung gewisser Theile zu erlangen, so ist es nicht ungewöhnlich, die abwechselnde Bewegung des Dampfkolbens auf eine Welle fortzupflanzen, oder durch die gedachte abwechselnde geradlinige Bewegung eine rotirende er-

Digitized by Google

zeugen zu lassen, besonders wenn dieses für den regelmäßigen Gang der Maschine sich als nützlich erweist. Aber die abwechselnde geradlinige Bewegung kann auch von derjenigen des Dampfkolbens, ohne Dazwischenkunft oder ohne Hilfe einer rotirenden Bewegung abgeleitet werden.

Wenn der Kolben der Dampfmaschine weder auf und nieder, noch hin und her geschubt wird, sondern wenn der Kolben selbst eine rotirende Bewegung besitzt, so kann die Fortpflanzung der Bewegung auf Maschinen in Fabriken, oder auch anderwärts unmittelbar stattfinden. Dieser Fall verursacht beinahe gar keine Schwierigkeit. Aber auch davon ganz abgesehen, kommt es hier nur darauf an, zu erwägen oder zu erklären, wie mit Berücksichtigung örtlicher Umstände und dergleichen aus der abwechselnden geradlinigen Bewegung eines Dampfkolbens sich eine rotirende oder auch eine andere abwechselnde geradlinige Bewegung ableiten läßt. Denn wenn irgend eine andere Art der Bewegung stattfinden müßte, so ist es z. B. leicht, dieselbe aus einer abgeleiteten rotirenden Bewegung entstehen zu lassen, es müßte denn die Beschaffenheit des Zweckes einen kürzern Weg anzeigen.

Die Mittel, die Einrichtung oder die mechanische Zusammensetzung der Theile, welche zur Fortpflanzung und Veränderung der Bewegung des Dampfkolbens dienen sollen, müssen häufig auf eine verschiedene Weise modificirt werden, je nachdem die Art der Dampfmaschine verschieden ist. Sie sind z. B. für atmosphärische Maschinen und für solche von einfacher Wirkung anders, als für diejenigen von doppelter Wirkung, ganz abgesehen davon, ob der Dampf mit niederem, mit mittlerem oder mit höhem Drucke wirkt; sie sind wiederum für Dampfmaschinen mit einem Cylinder anders, als für solche mit zwei

Digitized by Google

Cylindern; wiederum für Maschinen mit stehenden Cylindern anders, als für Maschinen, deren Cylinder horizontal oder schräg gerichtet sind, oder für solche, welche selbst den Ort verändern ꝛc. Es ist jedoch leicht, dergleichen Modifikationen zu bestimmen, sobald man nur eine Art der Dampfmaschine vor Augen hat. Hierzu eignet sich z. B. die gewöhnliche Dampfmaschine von doppelter Wirkung.

Wenn die auf- und niedergehende Bewegung eines Dampfkolbens in eine rotirende Bewegung verändert oder umgewandelt werden muß, d. h. wenn die gedachte Bewegung übergetragen werden soll auf eine Welle, so ist es allein die relative Stellung dieser Welle zur Richtung der Bewegung des Dampfkolbens, welche die mechanische Zusammensetzung, die zur Fortpflanzung und Umwandlung der Bewegung erforderlich ist, differiren läßt. Diese relative Stellung wird hier als Unterscheidungspunkt angenommen; und daraus ergeben sich die Fälle, welche zuerst in den nun folgenden Paragraphen besonders erwogen werden sollen.

§. I.

Ueber die Arten oder Mittel, welche zweckmäßig angewendet werden können, um aus der Bewegung eines Dampfkolbens diejenige einer Welle abzuleiten, welche über oder unter dem Dampfcylinder liegt und deren Richtung mit derjenigen der Bewegung des Kolbens einen rechten Winkel bildet.

A. Wenn die Kolbenstange unmittelbar oder mittelbar in Augen oder zwischen Spuren (Geleisen) und Leitpfosten geleitet wird.

248. Als erstes Beispiel kann hier angeführt werden die Art der Fortpflanzung der Bewegung des

Kolbens einer Maschine von mittlerem oder von hohem Druck und von einfacher Wirkung, welche Artikel 93, §. III. c. IV. der II. Abtheilung beschrieben und in Fig. 83 Taf. VIII. abgebildet ist. Es ist hier überflüssig, nochmals die Nachtheile zu erwähnen, welche mit dem Gebrauch einer solchen Einrichtung verbunden sind; jedoch verdient bemerkt zu werden, daß diese Nachtheile größtentheils wegfallen, wenn die Kurbelstange (Treibstange) nicht unmittelbar, sondern durch eine Kolbenstange (siehe Fig. 430) mit dem Kolben verbunden wird. Der Cylinder ist alsdann oben geschlossen, und der Dampf kann sowohl mit niederem, als mit mittlerem oder mit hohem Druck auf beiden Seiten des Kolbens wirken. Die Kolbenstange **A B** ist bei **B** durch ein Gelenke mit der Kurbelstange **B C** verbunden, und für den Zweck der Leitung läuft sie bei **O** durch ein festes metallenes Auge, gegen welches nun der Seitendruck, welcher durch das Hin- und Herschwanken der Kurbelstange entsteht, ausgeübt wird.

249. Es ist hier der geeignetste Ort, die Bewegungen der Kolbenstange und der Kurbel mehr in der Nähe zu betrachten und sowohl die Kraft, welche durch diese Bewegungen ausgeübt wird, als auch die Widerstände zu schätzen, die während dieser Bewegungen erlitten werden.

Wenn die Bewegung eines Dampfkolbens fortgepflanzt wird auf eine Welle mittelst einer Kurbel, welche mit der Kolbenstange mittelst oder durch Dazwischenkunft einer Kurbelstange vereinigt ist, so kann die Bewegung dieser Welle in Folge der Wirkung des Schwungrades ziemlich regelmäßig seyn. Ganz regelmäßig kann diese rotirende Bewegung nicht seyn, weil die Bewegung des Kolbens sich unaufhörlich verändert; jedoch wollen wir dieselbe einmal als ganz regelmäßig annehmen. Wenn nun die Zeit einer

Digitized by Google

Umdrehung der Kurbel z. B. in 36 gleiche Theile getheilt wird, so wird auch die Kurbel in jedem dieser gleichen Zeittheile gleiche Bogen beschreiben. Wenn die Kurbel eine halbe Umdrehung beschreibt, so durchläuft der Kolben den ganzen Hub oder Schub. Aber er wird keineswegs in gleichen Zeittheilen gleiche Theile seines Weges durchlaufen.

Um dieses einleuchtend zu machen, so nehme man, größerer Einfachheit halber, an, daß die Kurbelstange **BC**, welche (mit Ausnahme der höchsten und tiefsten Stände des Kolbens) immer einen Winkel **BCE** mit der vertikalen Richtung **CE** bildet, stets vertikal bei jedem Stande des Dampfkolbens gerichtet sey. Es sey **ABCDEFG** Fig. 431 der Umfang, welcher von der Kurbelwarze beschrieben wird. Vertheilt man den halben Umfang z. B. in sechs gleiche Theile oder Bogen (jeden von 30°), so werden die Linien **OA**, **OB** u. s. w. die verschiedenen Stände der Kurbel am Anfang und am Ende dieser Bogen darstellen. Die vertikalen Linien **AZ**, **BZ**, **CZ** u. s. w. sind die verschiedenen Stände der vertikal gerichteten Kurbelstange, und um wieviel nun das Ende **A** oder **B** u. s. w. der Kurbel steigt, um eben soviel muß auch die Kurbelstange steigen, und eben soviel wird auch die Geschwindigkeit oder der durchlaufene Weg des Kolbens betragen. Diese Quantitäten des Steigens findet man auf eine ganz natürliche Weise, wenn man aus den Punkten **B**, **C**, **E** u. s. w. lothrechte Linien **Ba**, **Cb**, **DO** u. s. w. auf den vertikalen Durchmesser **GA** zieht. Denn nun wird die kleine Linie **Aa** die vertikale Steigung der Kurbelwarze anzeigen, während die Kurbel den ersten Bogen **AB** von 30° beschreibt; eben so ist **ab** die Steigung im zweiten Augenblicke; **bO** die Steigung im dritten Augenblick u. s. w. Diese Steigungen sind auch diejenigen des Dampfkolbens,

Digitized by Google

und man sieht, daß sie an Größe ansehnlich differiren.

Die Bewegung des Kolbens ist also sehr unregelmäßig, während diejenige der Kurbel gleichförmig ist (so wird auch umgekehrt die Kurbel sehr unregelmäßig umlaufen, wenn der Kolben gleichförmig auf- und niederbewegt wird), jedoch ist die Art, wie diese Unregelmäßigkeit stattfindet, nicht immer dieselbe, weil erstens die Kurbelstange nicht vertikal gerichtet bleiben kann, wie wir hier annehmen, und weil zweitens die größere oder geringere Veränderlichkeit der Bewegung des Kolbens auch abhängig ist von der größern oder geringern Länge der Kurbelstange im Verhältniß zur Länge der Kurbel.

Man kann sich hiervon mit Hilfe einer Figur überzeugen, aber die weiter unten mitgetheilten Resultate von Berechnungen werden das Verhalten der Sache genauer darstellen. Vorausgesetzt nämlich, daß der Kolbenhub eine Länge habe $= 1$, und daß die Länge der Kurbel in derjenigen der Kurbelstange nmal enthalten sey, so zeigen die Zahlen in der zweiten und dritten Spalte der nachfolgenden Tabelle die verhältnißmäßigen Steigungen des Kolbens bei den verschiedenen Ständen der Kurbel, wenn sie die in der ersten Columne ausgedrückten Bogen durchlaufen hat.

Digitized by Google

Anzahl Grade der Bogen, welche die Kurbelwarze beschrieben hat.	Vertikale Steigung oder Bewegung des Kolbens, wenn die Kurbelstange vertikal bleibt.	Bewegung des Dampfkolbens bei verschiedenen relativen Längen der Kurbelstange.						
		n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,008	0,011	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008
20	0,030	0,045	0,040	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034
30	0,067	0,099	0,088	0,083	0,079	0,077	0,076	0,075
40	0,117	0,170	0,152	0,143	0,138	0,134	0,132	0,130
45	0,146	0,206	0,188	0,178	0,172	0,167	0,164	0,162
50	0,179	0,255	0,228	0,216	0,208	0,203	0,199	0,197
60	0,250	0,349	0,314	0,297	0,288	0,281	0,277	0,273
70	0,329	0,446	0,404	0,385	0,373	0,366	0,361	0,357
80	0,413	0,543	0,496	0,475	0,462	0,454	0,448	0,444
90	0,500	0,634	0,586	0,563	0,550	0,542	0,536	0,531
100	0,587	0,716	0,670	0,648	0,636	0,627	0,622	0,617
110	0,671	0,788	0,746	0,727	0,715	0,708	0,703	0,699
120	0,750	0,849	0,814	0,797	0,788	0,781	0,777	0,773
130	0,821	0,898	0,871	0,858	0,851	0,846	0,842	0,840
135	0,853	0,918	0,896	0,885	0,879	0,874	0,871	0,869
140	0,883	0,936	0,918	0,909	0,904	0,900	0,898	0,896
150	0,933	0,965	0,954	0,948	0,945	0,943	0,942	0,941
160	0,970	0,985	0,979	0,977	0,976	0,975	0,974	0,973
170	0,992	0,996	0,995	0,994	0,994	0,994	0,993	0,993
180	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Die Ungleichheiten, welche in der Bewegung des Kolbens stattfinden, sind aus dieser Tabelle ersichtlich. Denn wenn die auf- und niedergehende Bewegung des Kolbens gleichförmig wäre, gleich der rotirenden Bewegung der Kurbel, so müßte z. B. die Steigung bei einem Bogen von 20° doppelt so groß seyn, als bei einem Bogen von 10° ꝛc., was aber keineswegs der Fall ist. Die Tabelle gibt übrigens die genaue Quantität der Steigung, die der Anzahl der Grade des Bogens entspricht, welchen die Kurbel durchlaufen hat. Um aus dieser den Raum zu erfahren, den der Kolben jedesmal durchläuft, während die Kurbel den folgenden Bogen beschreibt, muß man in jeder Columne die vorhergehende Zahl von der nächstfolgenden abziehen. Diese Differenzen stellen den wahren Gang oder das eigentliche Gesetz der Bewegung des Kolbens noch anschaulicher dar: sie drücken nämlich die beständig veränderten Geschwindigkeiten des Kolbens für jeden folgenden, von der Kurbel beschriebenen Bogen aus; und diese Differenzen sind für Bogen von 10 bis zu 10 Graden in der folgenden zweiten Tabelle zusammengestellt.

Digitized by Google

Von der Kurbel beschriebene Bogen.	Quantitäten der Steigung des Dampfkolbens, wie sie den auf einander folgenden Bogen von 10 zu 10 Graden, welche von der Kurbel beschrieben werden, bei verschiedenen relativen Längen der Kurbelstange entsprechen.							
	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n unbestimmt.
von 0 bis 10	0,011	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008
= 10 — 20	0,034	0,030	0,029	0,027	0,026	0,025	0,025	0,022
= 20 — 30	0,054	0,048	0,045	0,043	0,042	0,042	0,041	0,037
= 30 — 40	0,071	0,064	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,050
= 40 — 50	0,085	0,076	0,073	0,070	0,069	0,067	0,067	0,062
= 50 — 60	0,094	0,086	9,081	0,080	0,078	0,078	0,076	0,071
= 60 — 70	0,097	0,090	0,088	0,085	0,085	0,084	0,084	0,079
= 70 — 80	0,097	0,092	0,090	0,089	0,088	0,087	0,087	0,084
= 80 — 90	0,091	0,090	0,088	0,088	0,088	0,087	0,087	0,087
= 90 — 100	0,082	0,084	0,085	0,086	0,086	0,086	0,086	0,087
= 100 — 110	0,072	0,076	0,079	0,079	0,081	0,081	0,082	0,084
= 110 — 120	0,061	0,068	0,070	0,073	0,073	0,074	0,074	0,079
= 120 — 130	0,049	0,057	0,061	0,063	0,065	0,065	0,067	0,071
= 130 — 140	0,038	0,047	0,051	0,053	0,054	0,056	0,056	0,062
= 140 — 150	0,029	0,036	0,030	0,041	0,043	0,044	0,045	0,050
= 150 — 160	0,020	0,025	0,029	0,031	0,031	0,032	0,032	0,037
= 160 — 170	0,011	0,016	0,017	0,018	0,019	0,019	0,020	0,022
= 170 — 180	0,004	0,005	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,008

Die Bewegung des Kolbens ist deshalb vom Anfang bis gegen die Mitte, oder ungefähr so weit, beschleunigt und von da bis gegen das Ende hin wiederum verzögert, aber die Zunahme und Abnahme der Geschwindigkeit schreitet auf eine andere Weise fort, je nachdem die Kurbelstange eine andere relative Länge hat. Ist die Kurbelstange sehr kurz, so hat der Kolben bereits eine größte Geschwindigkeit erlangt, sobald die Kurbel bis auf 70° ihres Kreislaufes gelangt ist. Bis zu 80° bleibt diese Geschwindigkeit sich gleich, nimmt jedoch nachher beständig, obschon nicht so rasch ab, als sie anfangs zugenommen hat. Dieser Unterschied vermehrt noch die Unregelmäßigkeit der Bewegung und verursacht einen Nachtheil, demjenigen ziemlich nahe kommend, welcher stattfinden müßte, wenn die Bewegung des Kolbens mit einem Stoß beginnt. Und dieses ist einer der Gründe, weshalb kurze Kurbelstangen niemals zu empfehlen sind.

Die Veränderlichkeit der Bewegung würde so zu sagen meistentheils regelmäßig seyn, sobald die Kurbelstange eine unbegrenzte (was hier so viel bedeutet als eine unendlich große) Länge haben könnte, so daß ihre Richtung immer vertikal bliebe; denn aus der letzten Columne der Tabelle ergibt sich, daß alsdann

1) die Geschwindigkeiten gleichmäßig zunehmen vom Anfange bis zur Hälfte der Bewegung;

2) daß die größte Geschwindigkeit eintritt und anhält, etwas vor und ein wenig nach dem Punkte, welcher den halben Lauf des Kolbens begrenzt, was genau den Bogen von 80 — 100° entspricht, die an jeder Seite des horizontalen Standes der Kurbel liegen;

3) daß die Verzögerung der Bewegung von der Hälfte bis zum Ende eben so viel beträgt, als die Beschleunigung derselben vom Anfang bis zur Mitte.

Digitized by Google

Es ist deshalb für die Regelmäßigkeit der Bewegung — und durch diese auch für die vollkommenste Entwickelung der Kraft, — am vortheilhaftesten, daß die Kurbelstange eine größtmögliche Länge habe. Diese Länge hat jedoch in der Praxis sehr bestimmte Grenzen und kann häufig ohne hindernde Erschwerung der Kurbelstange nicht größer, als 5 bis 7 Mal die Länge der Kurbel seyn *). Aber aus der Tabelle ergibt sich auch, daß für die genannten Längen die entsprechenden Veränderungen in der Geschwindigkeit des Dampfkolbens wenig von einander differiren und auch nicht so unregelmäßig zu- und abnehmen, als in dem Falle, wo die Kurbelstange kürzer ist.

Besäße die Kurbelstange eine unbegrenzte Länge, so müßten der Kolben und die Kurbel zu gleicher Zeit die Hälfte ihrer Wege erreichen, d. h. die Kurbel müßte sich in dem Stande von 90° befinden, sobald der Kolben die Hälfte seines Laufes vollbracht hätte. Dieses findet aber für bestimmte Längen der Kurbelstange nicht statt; denn aus der ersten Tabelle läßt sich entnehmen, daß bei einer Kurbelstange von der doppelten Länge der Kurbel der Kolben bereits die Hälfte seines Weges erreicht haben müsse, wenn die Kurbel einen Bogen von etwa 75° beschrieben hat. Ist die Kurbelstange 6 bis 8 Mal länger, als die Kurbel, so erreicht der Kolben die Hälfte seines We-

*) Nämlich in der Voraussetzung, daß die Bewegung des Kolbens durch einen Balancier fortgepflanzt wird, an dessen anderem Ende die Kurbelstange hängt. Für diesen Fall sind die relativen durchlaufenen Räume der Kurbel und des Kolbens etwas verschieden von denen, welche in den beiden vorhergehenden Tabellen angegeben sind. Jedoch ist die Differenz zu gering, als daß man in der Praxis darauf Rücksicht zu nehmen brauchte.

Digitized by Google

ges, wenn die Kurbel beinahe 85° erreicht hat. Und daraus ergibt sich aufs Neue die Unregelmäßigkeit in der Beschleunigung und in der Verzögerung der Bewegung des Kolbens, wie auch der Umstand, daß der größte Theil der Kraft während der ersten Hälfte der Bewegung ausgeübt wird. Die Bewegung ist hier betrachtet worden für die erste halbe Umdrehung der Kurbel, oder für den emporgehenden Kolbenzug. Für die zweite halbe Umdrehung, wenn nämlich der Kolben niedergeht, findet sie vollkommen auf dieselbe Weise statt.

Ueber die vorhergehenden Tabellen ist noch zu bemerken, daß dieselben benutzt werden können, um bei jedem Stande der Kurbel das Verhältniß zwischen Kraft und Last auszumitteln, weil diese sich umgekehrt wie die durchlaufenen Räume verhalten. Jedoch wird es nützlicher seyn, diesen Gegenstand sogleich in genauere Betrachtung zu ziehen und die genannte Beziehung mehr unmittelbar aus andern Gründen abzuleiten.

249*. Wenn man in Erwägung zieht, daß der Kolben vom Dampfe mit einer sehr veränderlichen Geschwindigkeit getrieben wird, während die Axe der Kurbel eine hinlänglich regelmäßige Bewegung hat, so erscheint es zweifelhaft, ob nicht auf diese Weise ein Theil des Nutzeffectes des Dampfes verloren geht? Auch ist über diesen Punkt bei Vielen eine Meinungsdifferenz entstanden, und dieses hat Veranlassung gegeben, andere mechanische Mittel zu ersinnen, um aus der auf- und niedergehenden Bewegung der Kolbenstange eine regelmäßige rotirende Bewegung abzuleiten, so daß auch der Kolben selbst mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit bewegt wird. Denn da eine Kraft, welche unmittelbar eine regelmäßige Bewegung mittheilt, auch immer auf dieselbe Weise wirkt, so

Digitized by Google

kann sie mit ihrer vollen Kraft thätig seyn, um eine regelmäßige Wirkung hervorzubringen. Sogar Tredgold hat sich (obgleich vergebens) bemüht, durch Rechnung zu bestimmen, welche Geschwindigkeit für die Bewegung eines Dampfkolbens am vortheilhaftesten seyn müsse, und gründete seine Betrachtung auf einen ähnlichen Vordersatz.

Die Sache unterliegt jedoch keinem Zweifel. Es ist an und für sich wahr, daß die vortheilhafteste Wirkung einer Kraft erlangt wird, wenn sie unaufhörlich dasselbe Kraftvermögen ausüben und also auch den Theil, auf welchen sie unmittelbar drückt, gleichförmig bewegen kann. Aber auf die Bewegung eines Dampfkolbens ist dieser Grundsatz nicht unbesehens anwendbar, ohne auch andere Grundsätze aus der Lehre der Bewegung mit in Betrachtung zu ziehen. Denn am Ende jedes Kolbenzuges muß die Bewegung in ihrer Richtung verändert werden. Wirkte nun der Dampf immer mit einem gleichen Vermögen des Druckes und der Bewegung, so müßte beim Anfange des Kolbenlaufes die ganze Last auf einmal mit der Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt werden, welche die mittlere Proportionalzahl aller Geschwindigkeiten ist, die in den verschiedenen Theilen des Kolbenlaufes vorkommen; und am Ende des Kolbenzuges müßte auch auf einmal die ganze Quantität der Bewegung erlöschen oder aufhören, damit die Veränderung der Richtung eintreten könnte. Die Kraft müßte also so zu sagen stoßweise wirken, und in der That müßten Stöße und Rucke dann eintreten können, durch welche eine ganz gut eingerichtete Maschine dennoch zuletzt in Unordnung gebracht werden kann (wenigstens sobald sie von keinem kleinen Kaliber ist).

Wenn dagegen die rotirende Bewegung durch eine Kurbel erzeugt wird, so ist die Geschwindigkeit

der Bewegung des Kolbens gerade so, wie sie der Art und der Einrichtung der Maschine entsprechend seyn muß. Denn sowohl im Anfange, als gegen das Ende des Kolbenlaufes ist sie sehr gering, während sie erst allmälig zunimmt und alsdann wiederum langsam abnimmt. Es finden deshalb bei der Veränderung der Richtung der Bewegung keine Verluste an Kraft statt, und diese Uebergänge der Richtung geschehen sanft und in unmerklich abnehmenden Graden. Die ganze Entwickelung der Kraft wird hierbei in keinem Theile vermindert, da erstens der Ausfluß des Dampfes (welcher bereits so viel wie möglich zu Anfang des Kolbenlaufes abziehen muß) um so leichter stattfindet, wenn im Anfange des Kolbenlaufes die Geschwindigkeit sehr gering ist, und zweitens die Geschwindigkeit in der Mitte des Kolbenlaufes so viel größer ist, als sie bei einer regelmäßigen oder gleichförmigen Bewegung des Kolbens im Durchschnitte seyn müßte, daß durch dieselbe das Schwungrad immer kräftiger in Umschwung gesetzt wird, um die hinlänglich regelmäßige Bewegung der Last in den folgenden Augenblicken zu unterhalten. An einer vollkommen gleichförmigen Bewegung kann jedoch das Schwungrad niemals Theil nehmen, aber wenn dasselbe die erforderliche Schwere und Größe besitzt, so entgehen die Abweichungen der Wahrnehmung.

Da die Länge der Kurbel gänzlich bestimmt ist durch die Länge des Kolbenlaufes, und da die Kurbel durch die fortdauernde Bewegung des Schwungrades unaufhörlich durch ihre todten Punkte geführt wird, so ist auch gegenseitig der Lauf des Kolbens bestimmt durch die Länge der Kurbel. Fügt man hinzu die abnehmende Geschwindigkeit des Kolbens gegen das Ende seines Laufes, so darf man nie be-

Digitized by Google

fürchten, daß er seinen Lauf im Geringsten überschreitet. Wird jedoch die rotirende Bewegung ohne Hilfe einer Kurbel mitgetheilt, und hat der Kolben einen ziemlich gleichförmigen Lauf, so ist Neigung vorhanden, daß die Bewegung des Kolbens fortdauere, und es tritt auch dabei die Möglichkeit manchmal ein, daß er über die Grenzen seiner Bahn getrieben werde; aber die Folgen einer solchen Abweichung müssen immer fürchterlich seyn.

Es fehlt dann so viel daran, daß die Fortpflanzung der Bewegung des Dampfkolbens mit Hilfe einer Kurbel unvollkommen oder hinsichtlich der Kraftentwickelung und der Dampfkonsumtion sehr nachtheilig sey, daß im Gegentheil bei der Einrichtung einer gewöhnlichen Dampfmaschine, und wenn man dasjenige berücksichtigt, was bei jeder abwechselnden Bewegung stattfindet, wohl kein besseres Mittel gefunden werden kann, den genannten Zweck vortheilhafter und zweckmäßiger zu erreichen (hierbei nehmen wir nicht Rücksicht auf die dazwischen liegenden Theile, welche die Kurbel mit der Kolbenstange verbinden, mögen dieselben blos aus einer Kurbelstange, oder aus einem Balancier und einer Kurbelstange ꝛc. bestehen).

250. Eine Folge der veränderlichen Bewegung des Dampfkolbens, während die Kurbel mit einer gleichförmigen Bewegung umgeführt wird, ist auch die Veränderlichkeit des Hebelarms, auf welchen die Kraft wirkt, um die Kurbel zu drehen. Wenn die Kurbelstange eine unbegrenzte Länge haben könnte (siehe Fig. 431), so müßten die Hebelarme in den verschiedenen Ständen **OB**, **OC** u. s. w. der Kurbel, die senkrechten Linien **Ba**, **Cb**, **DO** u. s. w. seyn, d. h. mit andern Worten: die Entfernungen von der Kurbelwarze bis zum vertikalen Durchmesser **AG**. In dem Punkt **A** ist dieser Hebelarm = 0

(Null) und eben so in dem Punkte G. In dem Stande A D, wenn die Kurbel horizontal liegt und mit der senkrechten Linie O A einen Winkel von 90° bildet, ist der Hebelarm O D der größte und genau gleich der Länge der Kurbel. Und vom Punkte D bis zum zweiten todten Punkte G nehmen die Längen der nachfolgenden Hebelarme gleichviel ab, wenn sie von dem ersten todten Punkt A bis zum Punkte D zugenommen hatten. Zwischen allen nachfolgenden Hebelarmen von verschiedener Länge kann man sich einen Hebelarm von mittlerer Länge denken, so daß, wenn die Kraft unaufhörlich an diesem Hebelarme wirkte, sie in derselben Zeit eben so viel ausrichten würde, als jetzt, wo sie von Augenblick zu Augenblick auf einen Hebelarm von größerer oder geringerer Länge drückt. Im zweiten Theile dieses Werks (Art. 29. §. III. c. II. Abth. II.) ist angezeigt, daß dieser mittlere Hebelarm beinahe zwei Drittel der Länge der Kurbel beträgt, wofür jedoch bei Dampfmaschinen nicht mehr als $\frac{3}{5}$ gerechnet werden darf.

Hat die Kurbelstange eine bestimmte Länge (wie es wirklich der Fall seyn muß), so ist die mittlere Proportionalzahl aller nachfolgenden Hebelarme auch noch $= \frac{3}{5}$ der Länge der Kurbel; aber die Veränderung in der Länge der Hebelarme findet auf eine andere und zwar auf eine weniger regelmäßige Weise statt, und es hängt diese Regel von der relativen Länge der Kurbelstange B C Fig. 432 und der Kurbel O C ab. Es sey A B die Richtung der Bewegung der Kolbenstange; S ein festes Auge (wie O in Fig. 430), durch welches die Stange geleitet wird. Nimmt man nun an, daß die Linie A B die proportionale Quantität der Dampfkraft P darstellt, so muß diese Kraft P in zwei andere Kräfte B D und B E zerlegt werden, von denen die erste in der Rich-

tung der Kurbelstange **B C** und die zweite in senkrechter Richtung auf die Kolbenstange ausgeübt wird. Diese zweite Kraft drückt die Kolbenstange gegen das Auge **S** und verursacht eine Friction oder Reibung an diesem Auge. Die Größe derselben soll gleich näher erwogen werden. Die erste Kraft **B D** ist es allein, welche, in den Punkt **C** versetzt, auf die Kurbel **O C** drückt, um dieselbe zu drehen. Der Hebelarm, mit welchem dieses Streben ausgeübt wird, ist die senkrechte Linie **O F**, gezogen aus dem Mittelpunkte der Bewegung **O** auf die Richtung, oder auf die verlängerte Richtung **B C** der zerlegten Kraft **B D**, und es ist deshalb nicht allein die zerlegte Kraft **B D**, sondern auch ihr Hebelarm **O F**, welcher sich von Augenblick zu Augenblick verändert. Jedoch kann man, wenn man diese beiden Veränderungen zusammennimmt, annehmen, daß die Veränderung allein stattfindet in Bezug auf den Hebelarm, während alsdann die Kraft **P** unzerlegt und unveränderlich bleibt, wie es bei einer Kurbelstange von unendlicher Länge der Fall seyn müßte. Nach diesen Grundsätzen sind nun die Zahlen in der nächsten Tabelle berechnet, welche die Hebelarme ausdrücken, mit denen die ursprüngliche Dampfkraft in verschiedenen Ständen der Kurbel und bei verschiedenen Längen der Kurbelstange wirksam ist, die Kurbel umzudrehen. Es bedarf diese Tabelle keine umständlichere Erläuterung, indem ihre Einrichtung derjenigen der beiden vorhergehenden Tabellen gleich ist.

Digitized by Google

Bogen, welche d. Kurbel durchlaufen hat.	Veränderliche Hebelarme einer steten Kraft P bei verschiedenen relativen Längen der Kurbelstange, wenn die Länge der Kurbel = 1 angenommen wird.							
	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n unbestimmt.
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,259	0,231	0,216	0,208	0,202	0,198	0,195	0,174
20	0,505	0,450	0,423	0,406	0,396	0,388	0,382	0,342
30	0,724	0,646	0,609	0,587	0,572	0,562	0,554	0,500
40	0,903	0,811	0,767	0,742	0,725	0,713	0,704	0,643
45	0,974	0,879	0,837	0,808	0,791	0,779	0,770	0,707
50	1,033	0,936	0,891	0,866	0,849	0,837	0,828	0,766
60	1,106	1,017	0,977	0,954	0,939	0,928	0,920	0,866
70	1,122	1,053	1,022	1,005	0,994	0,986	0,980	0,940
80	1,083	1,045	1,029	1,020	1,014	1,009	1,006	0,985
90	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
100	0,887	0,924	0,941	0,950	0,955	0,960	0,963	0,985
110	0,758	0,827	0,857	0,874	0,885	0,893	0,899	0,940
120	0,626	0,715	0,755	0,778	0,793	0,804	0,812	0,866
130	0,500	0,596	0,641	0,666	0,683	0,695	0,704	0,766
135	0,440	0,536	0,577	0,606	0,623	0,635	0,644	0,707
140	0,383	0,475	0,518	0,543	0,560	0,572	0,581	0,643
150	0,276	0,354	0,391	0,413	0,428	0,438	0,446	0,500
160	0,179	0,234	0,261	0,278	0,288	0,296	0,302	0,342
170	0,088	0,117	0,131	0,139	0,145	0,149	0,152	0,174
180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
im Durchschnitt	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612

Die unregelmäßigen Veränderungen der Hebelarme der Kraft bei verschiedenen Längen der Kurbelstangen sind aus dieser Tabelle wiederum ersichtlich. Ist nämlich die Kurbelstange sehr kurz, so ist der Hebelarm schon ziemlich lang und zwar = reichlich $\frac{1}{4}$ der Länge der Kurbel, wenn letztere nur einen Bogen von 10° durchlaufen hat. Bei 20° ist er bereits gleich der halben Länge der Kurbel. Bei 47° ist die Länge der Kurbel selbst dem Hebelarm gleich. Bei 70° scheint die größte Länge obzuwalten. Von diesem Punkt an nimmt dieselbe wiederum ab und zwar viel langsamer, als sie erst zugenommen hatte, so daß eine merkliche Differenz zwischen den Längen dieser Arme besteht, die den Ständen der Kurbel (gleichweit von den tiefsten und höchsten Ständen [0° und 180°] entfernt) entsprechen. Diese Unregelmäßigkeit nimmt nicht ab, es müßte denn die Kurbelstange eine unendliche Länge haben, aber sie wird allmälig kleiner, je länger nach und nach die genannte Stange genommen werden kann, was dann auch sowohl für die gewünschte Sanftheit der Bewegung, als für weniger nachtheilige Wirkungen des entsprechenden Seitendrucks (wovon sogleich die Rede seyn wird) in jeder Hinsicht anzurathen ist.

Wenn die Kurbelstange eine unbegrenzte Länge haben könnte, so müßte der größte Hebelarm der Kraft bei einem Stande von 90° vorhanden und genau gleich seyn der ganzen Länge der Kurbel. Dieses ist in demselben Stande auch die Länge des Hebelarms für alle andern bestimmten Längen der Kurbelstange. Aber die Kurbelstangen von verschiedenen Längen sind nicht bei diesem Stande genau lothrecht auf die Kurbel gerichtet, denn dieses findet bereits früher statt zwischen den Ständen von 70° und 90°, in welchen die Hebelarme die größten sind. Daß nun diese größten Hebelarme die Länge der Kurbel über-

schreiten, betrachte man allein als eine Folge der vorausgesetzten unveränderlichen Größe der Kraft **P**. Denn folgt man allein dem Wege der Zerlegung **BD** dieser Kraft, so ist der größtmögliche Hebelarm gleich der Länge der Kurbel; aber auf diesen größten Arm wirkt nun eine Kraft **BD** eines größern Kraftvermögens, als **P**, so daß diese, um dieselbe auszuüben, auch einen Hebelarm haben muß, der größer ist, als die Länge der Kurbel.

Der mittlere Hebelarm 0,612, welcher angegeben ist in der untersten Linie der Tabelle, wird erlangt, indem man die Längen der 21 Hebelarme in den 21 angenommenen Ständen der Kurbel zusammenaddirt und die Summe mit 21 dividirt. Wollte man eine noch größere Anzahl von Ständen nehmen, so würde auch die mittlere Durchschnittszahl noch etwas größer ausfallen. Ihr ganz genauer Werth oder Betrag ist 0,636, aber (wie oben bereits erwähnt worden) in der Praxis berechne man den mittlern Hebelarm, mit welchem die Axe der Kurbel bei einer regelmäßigen Wirkung der Kraft anhaltend in Umdrehung versetzt werden muß, nicht höher als zu 0,6 oder $\frac{3}{5}$ der Länge der Kurbel.

Von den zwei Kräften **BD** und **BE**, welche aus der Zerlegung der ursprünglichen Dampfkraft entstanden sind, trägt **BE** nichts bei zu dem Emporschieben oder Niederziehen der Kurbelstange, aber sie übt in der Richtung **BE** senkrecht auf diejenige der Kolbenstange **AB** einen Seitendruck aus. Dieser Druck strebt die Stange **AB** gegen die rechte Seite hinzudrücken, wenn der Kolben emporsteigt, und gegen die linke Seite, wenn er niedergeht. In diesen beiden Richtungen ist sie an Größe sich gleich, aber sie differirt in diesen beiden Hälften der Bewegung von Augenblick zu Augenblick mit jedem andern Stand der Kurbel. Diese Veränderungen sind ersichtlich aus

Digitized by Google

folgender kleinen Tabelle, in welcher zur Vermeidung nutzloser Weitschweifigkeit nur 7 verschiedene Stände der Kurbel und 3 verschiedene Längen der Kolbenstange angenommen sind.

Verschiedene Stände der Kurbel, angezeigt durch die durchlaufenen Bogen.	Proportionale Werthe des Seitendrucks für verschiedene Längen der Kurbelstange.		
	n = 4	n = 6	n = 8
30°	0,126	0,084	0,063
45°	0,179	0,119	0,089
60°	0,222	0,146	0,109
90°	0,258	0,169	0,126
120°	0,222	0,146	0,109
135°	0,179	0,119	0,089
150°	0,126	0,084	0,063
im Durchschnitt	0,188	0,124	0,092

Die verschiedenen in dieser kleinen Tabelle angegebenen Werthe sind so zu verstehen: wenn die ganze nützliche Dampfkraft, die in der Richtung der Kolbenstange wirkt, = 1 ist, so ist der Seitendruck gegen die Stange z. B. = 0,222, wenn die Kurbel in dem Stande von 60° sich befindet und die Kurbelstange viermal länger, als die Kurbel ist.

Diese Seitendrucke sind für die Stände der Kurbel, welche gleichweit unter 90° wie über 90° liegen, sich gleich, wieviel auch die relative Länge der Kurbelstange betragen möge, so daß der genannte Seitendruck sehr gleichmäßig ausgeübt wird. Deswegen kann man um so eher allein auf die mittlern Seitendrucke Rücksicht nehmen, welche, wie man gefunden hat, gleich sind 0,188; 0,124; 0,092, welche man jedoch setzen muß = 0,20; 0,14; und 0,11,

Digitized by Google

weil nur 7 verschiedene Kurbelstände in Rechnung gebracht sind.

Der Seitendruck **BE**, welcher ausgeübt wird auf das obere Ende der Kolbenstange **AB**, muß gleich seyn einem Streben, diese Stange aus der vertikalen Richtung zu verschieben und den Kolben zu verdrehen, wenn die Stange nicht durch ein Auge **S** oder **O** Fig. 430 und durch die Stopfbüchse **A** des Cylinderdeckels geleitet wird. Deshalb wird der ganze Nachtheil dieser Wirkung durch das feste Auge **O** beseitigt. Aber derselbe Druck **BE** wirkt dann auf die Stange **BA** wie auf einen Hebel, der in **A** seinen Unterstützungspunkt hat und auf ein Hinderniß **O** mit einem Kraftvermögen gedrückt wird, welches um so größer ist, je größer die Entfernung **BA** ist, d. h. nämlich, je höher die Stange **BA** emporgezogen ist. Nimmt man aus diesen veränderlichen Drucken gegen das Auge **O** einen mittlern Druck, so wird dieser ungefähr das Doppelte des eigentlichen Seitendrucks **BE** auf das obere Ende der Kolbenstange betragen, und dieser Druck ist also bei einer Länge der Kurbelstange von der sechsfachen Länge der Kurbel ungefähr = 0,25 oder $\frac{1}{4}$ des Nutzeffects der Dampfkraft. Und setzt man die Reibung des geölten Eisens auf Metall = $\frac{1}{8}$ des Drucks, so geht durch den erwähnten Seitendruck, d. h. wegen der schrägen Wirkung der Kurbelstange, $\frac{1}{32}$ des Nutzeffects verloren. Dieser Verlust, welcher für Maschinen von mittelmäßiger Größe schon ansehnlich ist, läßt sich dadurch sehr vermindern, daß man die Kolbenstange nicht durch ein festes Auge Fig. 430, sondern zwischen vier Rollen r, r, r, r Fig. 433 leitet, noch mehr aber, wenn man an das Ende dieser Stange ein Rädchen **W** Fig. 434 bringt, welches zwischen den Stangen oder den vertikalen Spuren **AB** und **CD** geleitet wird. Für Maschinen, in welchen die

Digitized by Google

Bewegung ohne Vermittelung eines Balanciers oder Maschinenbaumes fortgepflanzt wird, ist diese letzte Einrichtung die zweckmäßigste, indem nun nicht allein die gleitende Reibung in eine rollende Reibung verändert ist, sondern auch dem Seitendruck, der auf das obere Ende der Kolbenstange ausgeübt wird, immer auf demselben Punkte entgegengewirkt wird und derselbe nicht mehr wirkt, als auf einen Hebel **BOA** Fig. 430, welcher beständig mit einem veränderlichen Kraftvermögen (größer als dasjenige des eigentlichen Seitendrucks **BE**) gegen das Auge **O** drückt. Diese zweckmäßige Modification kann verursachen, daß der Kraftverlust, den wir so eben auf $\frac{1}{32}$ geschätzt haben, nur $\frac{1}{300}$ bis $\frac{1}{400}$ beträgt.

In Folge der schrägen Richtung, in welcher die Kraft auf die Kurbelstange und diese wieder auf die Kurbel wirkt, erfährt auch die Achse der letztern einen besondern Druck, unabhängig von demjenigen, welcher durch die Kraft und die Last erzeugt wird; denn die Kraft **CI** Fig. 432, welche in der Richtung der Kurbelstange auf das Ende der Kurbel wirkt, kann zerlegt werden in zwei andere Kräfte **CK** und **CG**, von denen die erste senkrecht auf die Länge der Kurbel und die zweite in der Richtung der Kurbel wirkt. Die erste Kraft kann allein die Umdrehung der Kurbel bewirken und thut dieses als die Kraft **CI**, welche **OF** zum Hebelarme hat, denn um wieviel **CK** kleiner ist als **CI**, um soviel größer ist der erste Hebelarm **OC** als der zweite **OF**. Die zweite Kraft **CG** zieht so zu sagen in der Richtung **OC**; sie kann die Umdrehung der Kurbel nicht bewirken, bringt aber einen besondern Druck auf die Achse der Kurbel hervor, in Folge dessen die Zapfen derselben eine stärkere Reibung in ihren Pfannen erfahren. Dieser Druck ist natürlich am größten, wenn sich die Kurbel in ihrem höchsten und tiefsten Stande **OL** und **OM** befindet, weil alsdann die Kurbel und die Kurbel-

Digitized by Google

stange beide vertikal sind oder sich in einerlei Richtung befinden. Befindet sich die Kurbel in dem tiefsten Stande **OL**, so wird sie durch die Kraft **AB** (welche beim Hub des Kolbens wirkt) aufwärts gedrückt, und die Achse **O** wird dann mit dem vollen Vermögen dieser Kraft gedrückt. Der Seitendruck nimmt ferner allmälig ab und wird gleich Null, wenn die Richtung **BC** der Kurbelstange senkrecht auf die Richtung **OC** der Kurbel ist, was bereits stattfindet, ehe die Kurbel den Stand von 90° erreicht. Aber jenseits dieses Punktes wird die Achse **O** wieder gedrückt, obschon jetzt in der entgegengesetzten Richtung, nämlich von **H** nach **O**. Und dieser Druck nimmt stets zu, bis die Kurbel in den höchsten Stand **OM** gelangt ist, wo er dann mit der vollen Kraft **P** in der niedersteigenden Richtung **MO** auf die Achse **O** ausgeübt wird. Nimmt man die ursprüngliche Kraft = 1, so hat der hier gedachte besondere Druck für verschiedene Stände der Kurbel und bei verschiedenen Längen der Kurbelstange die in nachfolgender Tabelle bemerkten Werthe.

Verschiedene Stände der Kurbel, angezeigt durch die beschriebenen Bogen.	Proportionale Werthe der besondern Drucke auf die Achse der Kurbel, wenn die Kurbelstange eine 4-, 6- und 8fache Länge der Kurbel hat.		
	n = 4	n = 6	n = 8
0°	1,000	1,000	1,000
30°	0,803	0,824	0,835
45°	0,580	0,623	0,643
60°	0,308	0,374	0,406
90°	0,258	0,169	0,126
120°	0,692	0,626	0,594
135°	0,834	0,791	0,771
150°	0,929	0,908	0,897
180°	1,000	1,000	1,000
Mittlerer Druck =, 0,7.			

Digitized by Google

Obgleich der mittlere Druck auf die Achse etwas kleiner ist, als 0,7, je nachdem die Kurbelstange eine größere Länge hat, so ist dennoch die Differenz sehr gering, und man kann mit Sicherheit den kleinsten mittlern Druck in allen Fällen auf $\frac{7}{10}$ des ganzen Drucks der Kraft **P** setzen. Kennt man also den Durchmesser der Kurbel an der Kurbelachse, so hat die Bestimmung der zur Ueberwindung der Reibung nöthigen Kraft keine Schwierigkeit. In der Folge werden wir darauf zurückkommen.

Zu dem besondern Widerstand, den die Kraft bei dem Umdrehen der Kurbel zu überwinden hat, kann man auch die Reibungen der Warzen **B** und **C** rechnen, um welche die Kurbelstange **BC** wie um zwei Gewerbe drehbar ist. Diese Reibungen sind an und für sich gering, und es würde eine nutzlose Mühe seyn, die Quantitäten derselben für verschiedene Extensionen der Bewegung des Kolbens, die verschiedenen Ständen der Kurbel entsprechen, zu berechnen. Es ist vollkommen ausreichend, daß man von diesen Reibungen einen mittlern Werth kennt, und dieser wird sehr einfach gefunden, wenn man von dem bekannten mechanischen Grundsatze Gebrauch macht, daß jede Kraft sich zu der zu überwindenden Last oder Widerstand umgekehrt wie die Räume verhält, welche in derselben Zeit von den Punkten, wo sich beide berühren, durchlaufen werden.

Die Quantität der Reibung oder lieber die zur Ueberwindung der Reibung der Kurbelwarze **C** Fig. 432 erforderliche Kraft, bleibt sich immer gleich, wie kurz oder lang die Kurbelstange **BC** auch seyn möge, so bald nur die Kurbel und die Warze **C** dieselbe Dimension behalten. Wenn der Kolben seinen halben Weg durchläuft, beschreibt die Kurbel eine halbe Umdrehung; auch wird alsdann die Kurbelwarze in dem

Digitized by Google

metallenen Auge, welches am Ende der Kurbelstange um dieselbe geschlossen wird, gerade halb umgedreht. Ist nun die Kurbel z. B. a Zolle lang, so beträgt der Lauf des Kolbens 2 a Zolle, und wenn man im Durchschnitt annimmt, daß der Radius der Kurbelwarze $\frac{1}{14}$ der Länge der Kurbel beträgt (welcher Betrag jedoch größer oder geringer seyn kann, wie wir in der Folge sehen werden), so hat diese Warze einen halben Umfang von 0,2244 a Zollen. Der Druck der Kurbelwarze gegen die genannten metallenen Stücke ist allerwenigstens gleich dem ganzen Druck P der Kraft, welche auf die Kolbenstange wirkt und auf die Kurbelstange übergetragen wird. Da die metallenen Stücke eher mit einiger Klemmung als mit Spielraum um die Kurbelwarze angeschlossen seyn müssen, so kann man die Reibung nicht geringer als zu $\frac{1}{7}$ des Drucks annehmen. Deshalb ist der Widerstand oder die Last, welche durch die Reibung am Umfange der Kurbelwarze erzeugt wird $= \frac{1}{7}$ P.

Während dann die Kraft x, die zur Ueberwindung der Reibung erforderlich ist, einen Raum $= 2$ a durchläuft, so beschreibt die Last $\frac{1}{7}$ P einen halben Umfang von 0,2244 a Länge, und die Proportion zwischen Kraft und Last ist folglich:

$$x : \frac{1}{7} P = 0{,}2244\ a : 2\ a.$$

Deshalb ist $x = 0{,}016 \cdot P =$ reichlich $\frac{1}{60}$ P; d. h. mit andern Worten, es geht im Durchschnitt $\frac{1}{60}$ der Kraft verloren, um die Reibung der Kurbelwarze zu überwinden.

Viel weniger Kraft ist erforderlich, um die Reibung an dem Zapfen B zu überwinden. Wenn die Richtung BC der Kurbelstange so beschaffen ist, daß sie die Tangente der Peripherie des Kreises ist, den die Kurbelwarze C beschreibt, so befindet die Stange sich in dem Stande der größten Abweichung von der

Digitized by Google

vertikalen Linie **LM**, und ihre Richtung macht alsdann mit derjenigen der Kurbel **OC** einen rechten Winkel d. h. die Stange **BC** wirkt alsdann senkrecht auf die Kurbel **OC**. In diesem Stande sind die Winkel **COB** und **OBC**, welche Kurbel und Stange mit der vertikalen Linie machen, verschieden, je nachdem die Länge der Stange **BC** im Vergleich zu derjenigen der Kurbel größer oder kleiner ist, was aus folgender kleinen Tabelle ersichtlich ist.

Länge der Kurbelstange, wenn diejenige der Kurbel = 1 ist.	Größe des Winkels CBO, wenn die Kurbelstange senkrecht auf die Kurbel gerichtet ist.	Größe des Winkels COB, wenn die Kurbelstange senkrecht auf die Kurbel gerichtet ist.
n = 2 .	CBO = 26° 34′	COB = 63° 26′
n = 3 .	CBO = 18° 26′	COB = 71° 34′
n = 4 .	CBO = 14° 3′	COB = 75° 57′
n = 5 .	CBO = 11° 19′	COB = 78° 41′
n = 6 .	CBO = 9° 27′	COB = 80° 33′
n = 7 .	CBO = 8° 8′	COB = 81° 52′
n = 8 .	CBO = 7° 7′	COB = 82° 53′

Man nehme nun einmal an, daß die Kurbelstange die fünffache Länge der Kurbel habe, so schwankt die Kurbelstange durch einen Bogen von 11° 19′ einmal hin und her, während der Kolben einen ganzen Lauf vollendet. Einen gleichen Bogen beschreibt dann auch das metallene Stück oder Auge, welches um den Zapfen **B** liegt, und nehmen wir den Radius dieses Zapfens wiederum zu $\frac{1}{4}$ der Länge der Kurbel an, d. i. $= \frac{1}{14}$ a, so hat ein Bogen von 11° 19′, der zu einem Kreise gehört, dessen Durchmesser $= \frac{1}{7}$ a ist, die Länge von 0,0141 · a. Diesen Bogen entlang schleift das untere Auge der Kurbelstange während des ganzen Hubes oder Schubes des Kolbens einmal hin und her. Deshalb wird die Last (oder

der Widerstand der Reibung), welche, wie oben zu $\frac{1}{7}$ P angenommen werden kann, durch einen doppelten Raum, nämlich durch 0,0282 • a geführt, während der Angriffspunkt der Kraft einen Weg = 2 a zurücklegt; und daraus kann man finden, daß kaum $\frac{1}{50}$ der Kraft erforderlich ist, um den gedachten Widerstand der Reibung zu überwinden. Wäre die Kurbelstange 4-, 6- und 8 Mal länger als die Kurbel, so könnte dieser Theil ungefähr (doch auch wenigstens) $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{138}$, $\frac{1}{170}$ der wirkenden Kraft betragen. Dieser Theil ist deshalb zu gering, als daß man ihn in irgend einem Fall in Rechnung zu bringen braucht.

251. Statt die Kolbenstange durch ein festes Auge **O** Fig. 430 zu leiten, ist es besser, dieselbe zwischen Rollen **r r** Fig. 433 (2 oder 4 an der Zahl, je nachdem der Weg, den sie zurückzulegen hat, kürzer oder länger ist) laufen zu lassen. Jedoch ist die hierzu erforderliche Einrichtung umständlich und manchmal hinderlich, außerdem daß, wenn sich die Nägel oder Zapfen dieser Rollen abnutzen, auch die Bewegung der Stange schwankend und bebend wird. Deshalb ist es, damit die Wirkung des Seitendrucks gegen die Stange, welcher durch die schräge Wirkung der Kurbelstange erzeugt wird, nicht veränderlich sey (vergleiche weiter oben Art. 250) bei weitem besser, an das obere Ende der Kolbenstange Fig. 434 ein Rädchen **W** zu bringen, welches mit einer Hohlkehle an zwei glatten Leitstangen **A B** und **C D** läuft, die auf irgend eine Weise befestigt oder auf den Cylinderdeckel geschraubt sind (sie können auch in Hülsen geschlossen oder geschraubt seyn, die an die Seite des Cylinders gegossen sind) und oben durch einen Ring **B D** vereinigt werden, in welchem die Kurbelstange **E F** hin- und hergeht. Aus der zweiten Figur 434 kann die besondere Anbringung und Verbindung des Rädchens mit den Gabelenden der Kurbelstange und

Digitized by Google

Kolbenstange ersehen werden, und ein Beispiel dieser Einrichtung ist bereits §. III. c. V, Abth. II. Fig. 84 Taf. IX. gegeben worden.

Wenn das Rädchen W genau zwischen die Stangen AB und CD geschlossen wird, so wird der Zweck verfehlt werden; denn das Drehen ist allein möglich, wenn das Rädchen (wegen des Seitendrucks, den die Kolbenstange auszuhalten hat) mehr gegen die eine Stange, als gegen die andere angedrückt wird. Es muß deshalb ein kleiner Spielraum vorhanden seyn, damit das Rädchen beim Kolbenhub gegen die eine Stange und beim Schub oder Niedergange des Kolbens gegen die andere Stange andrücken und auf derselben rollen könne. Diese Einrichtung ist immer die einfachste und für Maschinen von mittelmäßiger Größe die gebräuchlichste; wenn man jedoch an das Ende der Kolbenstange ein gabeliges Querhaupt GH Fig. 435 fügt und in den beiden Gabelenden ein Rädchen WW anbringt, welches auf den stehenden Leitungen AB, CD läuft, so werden sich diese Rädchen leichter drehen, und es wird auch (wenn man die umständlichere Konstruction nicht in Anschlag bringt) die vertikale Bewegung steter seyn; es braucht dann auch kein eigentlicher Spielraum vorhanden zu seyn.

Eine Modification dieser letzten Einrichtung, — bei welcher die Kolbenstange nicht unmittelbar, sondern durch Vermittlung eines Querhauptes geleitet wird, — besteht darin, daß die Rädchen WW in die Quere angebracht werden (vergleiche z. B. diese Einrichtung an Maudsley's Maschine Fig. 85 Taf. IX), so daß die Gabelenden unnöthig werden, aber die Enden des Querhauptes die Nägel oder Achsen der Leiträdchen sind, von denen jedes in einer besondern Leitung läuft, ähnlich der einzelnen Leitung ABCD Fig. 434. Auch diese Einrichtung ist wegen der grö-

Digitized by Google

ßern Festigkeit der Bewegung anzuempfehlen. Wird nun auf die eine oder auf die andere angegebene Art die Bewegung fortgepflanzt, so ist es von großem Belang, daß die Kurbelstange im Verhältniß zur Länge der Kurbel nicht zu kurz sey (sie muß z. B. fünfmal länger als die Kurbel seyn). Hierzu ist ein hinlänglich freier Raum in der Höhe nöthig. Ist dieser nicht vorhanden oder existirt dazu gar keine Gelegenheit, so ist es besser, die Achse der Kurbel, auf welche die Bewegung fortgepflanzt wird, dicht am Boden oder unter dem Cylinder anzubringen, indem ein solcher Plan in Bezug auf die festeste Stellung der Theile immer zu empfehlen ist. Jedoch kann eine erhöhte Stellung der gedachten Achse über dem Cylinder unvermeidlich erforderlich seyn, und für diesen Zweck ist unter andern eine Einrichtung in Fig. 436 angegeben. Der Cylinder **A** steht auf einem erhöhten offenen Fußstück oder auf Säulen **BB**; die Kolbenstange **CD** kommt unten heraus; am Ende derselben sitzt das Querhaupt **EF**, versehen mit Leiträdchen **aa** (in der Fig. punktirt angegeben), welche zwischen den Säulen **BB** laufen; die Enden dieses Querhauptes sind die Warzen der emporlaufenden Kurbelstangen **GH**, mit welchen die Bewegung auf die Achse **II** fortgepflanzt wird ꝛc. Es ist hierbei noch angenommen, daß die Luftpumpe (es wird vorausgesetzt, daß Dampfverdichtung stattfinde) unter dem Cylinder stehe; daß die Stange **C** an den Kolben desselben geschlossen werde; daß das Querhaupt **FDE** in der Mitte ringförmig gemacht sey, um die Luftpumpe zu umfassen; daß das Querhaupt bewegt werde durch zwei Kolbenstangen, die an jeder Seite der Luftpumpe liegen (wie in der Figur mit punktirten Linien angegeben worden ist), so daß mit dem Dampfkolben so zu sagen drei Kolbenstangen verbunden sind, welche mit den Leiträdchen **aa** der vertika-

Digitized by Google

len Bewegung des Kolbens eine große Festigkeit geben müssen. Obgleich durch diese Art der Zusammensetzung das Ganze äußerst compendiös wird, so ist sie jedoch nicht zu empfehlen, sowohl wegen der Schwierigkeit, die drei Kolbenstangen ohne nachtheilige Reibung und Rütteln sanft und eben sich bewegen zu lassen und die Stopfbüchsen in gehöriger Oelung zu erhalten, als auch wegen der Unerreichbarkeit der Theile, die unter dem Cylinder angebracht sind. Auch fehlt selten die Gelegenheit, den Luftpumpenkolben und andere arbeitende Theile an der Seite des Cylinders zu bewegen und diese Bewegung mit kurzen Balanciers ꝛc. von der Betriebswelle II abzuleiten.

Zu dem vorliegenden Falle, nämlich die Bewegung eines Dampfkolbens auf eine oben liegende Welle fortzupflanzen, läßt sich auch die Einrichtung der Maschine mit beweglichen Cylindern rechnen (siehe Fig. 82 Taf. VIII.), von welcher Art. 92 §. III. c. V. Abth. II. bereits gehandelt worden ist.

252. Mit geringer Modification, die einzig und allein aus der Umkehrung der Theile entspringt, gelten dieselben Mittel für den Fall, daß die Bewegung fortgepflanzt wird auf eine Achse oder Welle, welche unten oder unter dem Cylinder liegt. Zuerst kann die Kolbenstange **AB** Fig. 437 geleitet werden durch ein festes Auge **O**. Das an der Kolbenstange befestigte Querhaupt **CD** trägt die niedersteigenden Stangen **EF**, welche als Kurbelstangen dienen, um die Bewegung auf die unten liegende Betriebswelle fortzupflanzen.

Ganz wie in dem Falle, wo die Betriebswelle über dem Cylinder liegt, muß auch hier die Kolbenstange **AO** eine doppelte Länge haben. Um diesem zu begegnen und um zugleich die Festigkeit der Bewegung (mit etwas mehr Kraftverlust wegen der

Digitized by Google

Reibung) zu sichern, kann man das Querhaupt **CD** Fig. 438 selbst mit zwei Augen **OO** längs der festen Stangen oder Ständer **GH, IK** leiten. Die metallenen Stücke der niedersteigenden Kurbelstangen **CE** und **DF** werden alsdann um die abgedrehten Hälse **C, D** des Querhauptes geschlossen. Diese Art, die Kolbenstange durch ein Querhaupt mit Augen zu leiten, ist auch anwendbar, wenn die Betriebswelle über dem Cylinder liegt; alsdann werden die beiden niedersteigenden Kurbelstangen **CE, DF** ersetzt durch eine einzelne aufsteigende Kurbelstange, welche bei **B** angeschlossen ist, und die Entfernung der Ständer **GH, IK** wird kleiner.

Die Kurbelstangen **CE** und **DF** müssen längs dem Cylinder liegen, weshalb für die unverrückbare Stellung der Ständer **GH** und **IK** besondere, am Cylinder befestigte oder von demselben abgesonderte Theile erforderlich sind. Bringt man jedoch die Ständer **GH** und **IK** zwischen die Kurbelstangen, so können sie auf oder am Cylinder befestigt werden (Fig. 439). Man hat solche Entwürfe für sehr kleine Dampfmaschinen gemacht. Die Stangen **CE** und **DF**, statt auf die gekröpften Kurbeln einer Betriebswelle zu wirken, sind mit ihren Enden an zwei Warzen **a** im Umfange zweier Räder **PQ**, welche sie umdrehen, geschlossen. Diese Räder sind entweder, zur Fortpflanzung der Bewegung, Zahnräder, oder sie haben einen ebenen Umfang, um mit Hilfe der Riemen ohne Ende auf andere Räder zu wirken ꝛc. Um das Querhaupt **LD** liegen noch zwei Zugstangen **LM**, welche auf zwei hinten gelegene Arme einer Welle, wie auf zwei Knieſtücke wirken. Von der abwechselnden Bewegung dieser Welle werden mit Hilfe anderer Arme oder Knieſtücke die Bewegungen für den Luftpumpenkolben, für den Dampfhahn, für die Wasserpumpen ꝛc. abgeleitet. (Man vergleiche hier

Digitized by Google

auch die Art der Leitung der Bewegung für den Luftpumpenkolben einer gewöhnlichen Dampfbootmaschine, Fig. 124 Taf. XII.)

Die Leitstangen können auch in festen Augen bewegbar seyn, wenn man dieselben z. B. (HG und IK Fig. 440) mit den Enden des Querhauptes CD verbindet und an jeder Seite des Cylinders zwei Augen OO befestigt. Die Kurbelstangen EF, welche auf die Kurbeln der unten liegenden Welle LL wirken, drehen sich um die verlängerten Enden des Querhauptes CD oder um die besondern Warzen EM, welche unter dem Querhaupt CD an den Leitstangen HG, IK befestigt oder festgeschmiedet sind. Es ist jedoch ersichtlich, daß bei solcher Leitung der Kolbenstange die Bewegung mit größerem Zittern verbunden seyn müsse, als in dem Falle, wo die Leitstangen eine feste Stellung haben und wo das Querhaupt oder das obere Ende der Kolbenstange auf allen Punkten des Laufes dieselbe Stütze findet.

Die beste und sanfteste Leitung wird auch hier wiederum durch Rädchen erlangt, und keine Einrichtung genügt in dieser Hinsicht besser, als diejenige der Maschine von Maudsley, welche früher beschrieben und in Fig. 85 Taf. IX abgebildet ist. Viele Maschinen, die in Belgien erbaut worden sind, haben eine ähnliche Zusammensetzung, jedoch hat man die Kurbelstangen CE, DF Fig. 441 außer dem Gestell angebracht, und die Rädchen WW werden geleitet zwischen 4 Säulen GH, IK, die auf der breiten Platte des Cylinderdeckels befestigt sind und durch eine Leiste HK zusammengehalten werden. Von dieser Einrichtung ist diejenige der Maschine Fig. 436 gerade die umgekehrte. Sie ist nicht complicirt, besonders wenn der Dampf mit mittlerem Drucke wirkt und keine Luftpumpe vorhanden ist; auch liegen die verschiedenen Theile einander näher, als es bei Mauds-

ley's Maschine der Fall ist, jedoch sind sie weniger leicht und gefallen weniger ihrem äußerlichen Ansehen nach.

Von den meisten, auf die beschriebene Weise eingerichteten Maschinen kann man behaupten, daß sie dem Zweck sehr gut entsprechen, sobald nur bei letzteren die Dimensionen klein sind und bei ersteren nicht das Mittelmäßige überschreiten. Wenn jedoch das Kaliber der Maschine ansehnlich wird, so ist die besondere Art der Leitung der Kolbenstange weniger geeignet, um auf die Dauer den auf das obere Ende ausgeübten Seitendruck auszuhalten, ohne daß durch Reibung und Abnutzung ein Spielraum entstände, durch welchen das Beben der Kolbenstange sehr merklich und höchst nachtheilig für den ungestörten Gang und die unverrückbare Stellung der Maschine wird. Ein anderer Nachtheil liegt darin, daß die Theile, welche zusammen mit dem Kolben auf- und niedergehen, ganz außerhalb des Balanciers sich befinden. Bei größeren Maschinen würde dieser Umstand eine Störung der Regelmäßigkeit der Bewegung, einen veränderlichen Druck oder eine Wirkung gegen die Stützpunkte, eine viel weniger feste Stellung des Ganzen herbeiführen können. Zwar könnten diese Theile auf irgend eine Weise balancirt werden, aber alsdann wird die Maschine wieder zusammengesetzter, so daß die Vortheile, welche die einfache und compendiöse Einrichtung gewährt, manchmal gänzlich verschwinden. Selten wird man auch in solchen Fällen gehindert seyn, den Cylinder in einiger Entfernung von der Betriebswelle aufzustellen und die Bewegung mittelst eines Balanciers oder Maschinenbaumes fortzupflanzen.

253. Die Welle, welche über oder unter dem Cylinder liegen mag, kann auch eine weniger hohe oder weniger tiefe Lage haben, oder es kann die Ge-

Digitized by Google

legenheit, dem Cylinder einen hohen Stand zu geben, mangeln, oder es ist vielleicht die Fortpflanzung der Bewegung mittelst eines Balanciers weniger wünschenswerth ꝛc. Um alsdann dem Cylinder eine solche Lage zu geben, daß seine Achse mit dem Mittelpunkte der Betriebswelle in eine und dieselbe Ebene zu liegen kommt, muß er eine horizontale Richtung oder Lage bekommen. Dieselben Arten, die Bewegung der Kolbenstange zu leiten, welche bei dem vertikalen Stande des Cylinders anwendbar sind, können alsdann ebenfalls benutzt werden, wie man sich näher überzeugen kann, wenn man die Skizzen Fig. 86—91, Taf. IX. vergleicht. Ueber die fernere Einrichtung der Maschinen mit horizontalen oder liegenden Cylindern ist §. IV. c. V. Abth. II. zur Genüge gehandelt worden. Man kann dieselbe unter größern Dimensionen anwenden, als die Maschinen von einer der oben beschriebenen Zusammensetzungen besitzen, jedoch hat alsdann ein mittlerer oder höherer Dampfdruck vor einem niedern den Vorzug. Die Kolbenstange kann auch an der andern Seite des Cylinders hervortreten und von einem einzigen Rädchen, welches auf einer Leitung rollt, getragen werden. Wo dieses angeht, balancire man auch die horizontale Kurbelstange II Fig. 86 nicht auf diese Weise, daß man das Schwungrad an der einen Seite mit einem Uebergewichte belastet, sondern lieber dergestalt, daß man die Stange von hinten balancirt oder das vordere Ende I mit einem zweckmäßig belasteten kleinen Balancier in Verbindung bringt. Die auf- und niedergehende Bewegung dieses Balanciers kann auch benutzt werden, um damit die Wasserpumpen ꝛc. in Thätigkeit zu setzen. Es gibt Fälle, wo die Anwendung dieser Maschine sich rechtfertigt, aber die Nachtheile einer stets mehr oder weniger ungleichen Abnutzung des Cylinders, — einer

weniger bequemen Gelegenheit für den freien Abfluß oder das Austreiben des im Cylinder entstandenen Wassers, — der Unmöglichkeit, den Kolben und die Stangen gleichmäßig geschmiert zu erhalten ꝛc., bestehen auch bei Maschinen mit stehenden Cylindern. Und wenn die Wahl ganz frei ist, so gebe man dann auch letzterer Art von Maschinen den Vorzug.

B. Wenn die vertikale Bewegung der Kolbenstange bestimmt wird durch die Wirkung von entgegengesetzten Balanciers oder Lenkstangen.

254. Es sollen **AB** und **CD** Fig. 442 Nr. 1 und 2 zwei gleich lange und parallel gerichtete Stangen seyn, welche sich um die Zapfen oder Nägel **A** und **C** drehen und gegen einander so gerichtet sind, daß, da sie beide horizontal liegen, die Enden **B** und **D** sich genau in der vertikalen Linie **EDBO** befinden, durch welche die Bewegung der Kolbenstange **EDG** bestimmt seyn soll und deren Verlängerung durch den Mittelpunkt der Betriebswelle **O** läuft. Wenn nun die genannten Enden **BB**, **DD** mit gleich langen Scharnierstangen **BD**, **BD** gekuppelt werden, so daß die Zusammensetzung der vereinigten Stangen sich um die Zapfen bei **B**, **B**, **D**, **D** bequem drehen kann, wie um die Zapfen **A**, **C**, so muß durch diese Bewegung der Mittelpunkt **G** der Verbindungsstangen ziemlich die vertikale Linie **DB** beschreiben, sobald die Bogen **Ba** und **Db** oder **Bc** und **Dd**, durch welche die Enden **BD** der Stangen geführt werden, keine große Ausbreitung besitzen. Denn so weit die genannte Mitte **G** auf der linken Seite von der vertikalen Linie **OD** abweicht und zwar durch die Bewegung der Stange **AB** oder **Aa**, um eben soviel wird sie nach der rechten Seite gezogen durch die gleichzeitige Bewegung der Stange **CD** oder **Cb**, und dieselbe weicht also nicht ab von der ver-

Digitized by Google

tikalen Richtung DB. Darum kann das Ende F der Kolbenstange mit einem Zapfen vereinigt werden, der sich in den Augen GG dreht, die in der Mitte der Verbindungsstangen BD anwesend sind, und durch dieselbe entgegengesetzte Wirkung der Lenkstangen AB CD wird alsdann die Bewegung der Kolbenstange auf die vertikale Linie DB beschränkt, so daß sie durch die schräge Wirkung der Kurbelstange GK und durch die Veränderlichkeit ihrer Richtung nicht gestört werden kann.

Von dieser Art, die Kolbenstange zu leiten, sind bereits in der vorigen Abtheilung Beispiele gegeben (vergl. Fig. 69 und 71, Taf. VII. und Fig. 81, Taf. VIII.), und sie ist auch bereits erwähnt in der zweiten Abtheilung des zweiten Theils (worauf sich die Figuren 262 und 360 auf Taf. VI. und VII. dieses Theils beziehen). An den citirten Stellen ist genug gesagt, und in den erwähnten Figuren ist die Art und Weise der Zusammensetzung oder die praktische Einrichtung der Lenk- und Verbindungsstangen hinlänglich angegeben. Was aber die relative Stellung und die Dimension dieser Stangen anlangt, so ist hier der geeignete Ort, noch einige Eigenthümlichkeiten hervorzuheben.

255. Der Mittelpunkt der Verbindungsstange beschreibt dann allein eine Linie, welche sehr wenig von der vertikalen Linie OE abweicht, wenn die Größe der Bogen, welche durch die Lenkstangen AB und CD beschrieben werden, nicht sehr beträchtlich ist. Denn wenn die Bewegung dieser Lenkstangen sowohl unter, als über den horizontalen Linien AB und CD fortdauert, so muß der Mittelpunkt der Verbindungsstange eine krumme Linie beschreiben, welche die Gestalt einer Schlinge besitzt. Diese krumme Linie wird leicht construirt. AO und BC, Fig. 443, sollen die beiden Lenkstangen in horizontaler Lage und AB

Digitized by Google

die Verbindungsstange seyn. Man beschreibe aus O und C als Mittelpunkten mit OA und CB als Radien zwei Kreisbogen. Man benenne z. B. auf dem Bogen BM einige Punkte a, b, c, d, e ꝛc., und aus diesen Punkten beschreibe man mit der Länge AB der Verbindungsstange als Radius kleine Bogen, welche den ersten Kreisbogen AD in den Punkten f, D, g, h u. s. w. schneiden. Wenn dann die Linien af, bD, cg, dh u. s. w. gezogen werden, so werden diese die verschiedenen Stände der Verbindungsstange, welche den verschiedenen Ständen der Lenkstangen entsprechen, ausdrücken. Und merkt man nun die Mitte aller genannten Linien, so hat man eben so viele Punkte der schlingenförmigen krummen Linie, durch welche auch die krumme Linie selbst gezogen werden kann.

Gesetzt nun, daß die beiden Lenkstangen sich an Länge gleich sind, und daß die Verbindungsstange AB $\frac{2}{3}$ der Länge der Lenkstange OA besitzt, so sieht man aus der Figur, daß der Theil APB der krummen Linie, welcher zwischen den beiden Lenkstangen OA und BC liegt, ziemlich nahe übereinstimmt mit der geraden oder vertikalen Linie BPA, aber daß er über dem Punkte A und unter dem Punkte B von der vertikalen Richtung rechts und links immer mehr abzuweichen beginnt, und dieses wird ungefähr stattfinden, wenn der Bogen AD größer als 25° geworden ist.

Wenn am Mittelpunkte P der Verbindungsstange die Stange eines Dampfkolbens befestigt wäre, so würde der Dampfkolben die Hälfte seines Weges zurückgelegt haben, während die Lenkstangen OA und BD horizontal gerichtet waren; in den Punkten A und B wird die Stange ihren höchsten und tiefsten Stand erreicht haben; und die Länge AB muß auch zugleich für diejenige des Kolbenlaufs gehalten werden. Nähme man die Bogen AD und Bb nicht größer,

Digitized by Google

als 20°, so würde die Abweichung der Bewegung von der vertikalen Richtung unmerklich seyn. Man kann in der Praxis diese Abweichung als nicht existent betrachten, und aus einer Figur nach einem nicht zu kleinen Maasstabe gezeichnet, kann sie auch häufig nicht bemerkt werden; aber die Behauptung aufstellen, daß keine Abweichung bestehe, ist ganz unrichtig, da in einem strengen wissenschaftlichen Sinne der Mittelpunkt P der Verbindungsstange alsdann allein in der vertikalen Linie BA liegt, sobald die Lenkstangen CA und BC horizontal gerichtet sind. Die Quantitäten dieser Abweichungen rechts von AP und links von BP können allein durch Berechnung genau ausgemittelt werden, und obgleich diese Rechnung zu verwickelt ist, um hier vorgetragen zu werden, so dürfte es dennoch von wesentlichem Nutzen seyn, einige Resultate derselben kennen zu lernen.

Erstlich bemerke man jedoch, daß die relative Figur und Größe der schlingenförmigen krummen Linie verschieden ist, je nachdem sich die Länge der Verbindungsstange im Verhältnisse zu derjenigen der Lenkstangen verändert, und daß mit dieser Veränderung auch die größere oder geringere Abweichung der Bewegung von der vertikalen Richtung in Verbindung steht. In der Voraussetzung einer gleichen Länge der beiden Lenkstangen sind die Figuren der schlingenförmigen Linie für verschiedene Fälle abgebildet in den Figuren 443 bis 446; nämlich

1) Fig. 444, wenn die Verbindungsstange AB dieselbe Länge hat, wie die Lenkstangen OA, BC;

2) wenn die Länge der Verbindungsstange $\frac{3}{5}$ der Länge der Lenkstangen beträgt, Fig. 443;

3) wenn die Verbindungsstange halb so lang ist, als die Lenkstangen Fig. 445;

Digitized by Google

4) wenn der Verbindungsstange eine Länge gegeben wird, die dem vierten Theile der Länge der Lenkstangen gleich ist Fig. 446.

Wenn eine der Lenkstangen, z. B. die Stange **OA** Fig. 443 sich in einem Stande **OD** befindet und man mit der Länge **AB** der Verbindungsstange als Radius aus **D** einen kleinen Kreisbogen beschreibt, welcher den Bogen **BM** in einem gewissen Punkte **b** schneidet, so wird **bC** der Stand der zweiten Lenkstange **BC** seyn, der übereinstimmt mit dem Stande **OD** der ersten Lenkstange. Wird nun die Mitte **P** der Verbindungsstange ganz genau (ohne die geringste Abweichung) in der vertikalen Linie **BA** bewegt, so müssen **zuerst** wegen der Gleichheit der Lenkstangen **OA** und **BC** die Bogen **AD** und **Bb**, die gleichzeitig von den Enden **A** und **B** beschrieben werden, **absolut gleich** seyn innerhalb der Grenzen, welche den höchsten und tiefsten Ständen des Punktes **P** entsprechen. Zum **andern** muß der Punkt **P** immer dieselbe Entfernung von einer vertikalen Linie **OZ** behalten, welche durch den Drehungspunkt **O** gezogen ist, oder mit andern Worten: wenn der Punkt **P** z. B. in **p** gelangt ist, so muß **pq** eben so lang, als **PQ** und eben so lang, als die Lenkstange **OA** seyn. In wie fern diese Umstände nicht stattfinden, ergibt sich aus den zwei folgenden Tabellen, welche die Resultate der oben gedachten Berechnung enthalten, und wo der Einfachheit halber angenommen ist, daß die Länge der Lenkstangen = 1 sey.

Digitized by Google

Nr. 1.

Bogen durch die Lenkstange OA beschrieben.	Entsprechende Bogen, beschrieben durch die andere Lenkstange BC bei verschiedenen Längen der Verbindungsstange AB.			
	AB = 1.	AB = ¾.	AB = ½.	AB = ¼.
5°	5° 0′11″	5° 0′19″	5° 0′28″	5° 0′40″
10°	10° 1′36″	10° 2′14″	10° 4′10″	10° 7′ 5″
15°	15° 8′20″	15°12′42″	15°17′ 6″	15°36′20″
20°	20°28′16″	20°43′36″	21° 0′ 0″	22°27′ 5″
25°	26°14′48″	27° 0′45″	27°58′30″	Unmöglich.

Nr. 2.

Bogen durch die Lenkstange CA beschrieben.	Entsprechende Entfernungen vom Mittelpunkte P bis zur vertikalen Linie OZ Fig. 443 bei verschiedenen Längen der Verbindungsstange AB und unter der Voraussetzung, daß OA = BC = 1 sey.			
	AB = 1.	AB = ¾.	AB = ½.	AB = ¼.
0°	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000
5°	1,0000017	1,0000040	1,0000050	1,0000067
10°	1,0000400	1,0000550	1,0001100	1,0001820
15°	1,0003200	1,0004820	1,0006550	1,0014000
20°	1,0014200	1,0022000	1,0030550	1,0077500
25°	1,0047000	1,0077050	1,0115800	Außer der krummen Linie.

Diese beiden Tabellen sind leicht zu verstehen. In der erstern findet man z. B., daß, wenn die Lenkstange AO Fig. 443 in einen solchen Stand gelangt ist, daß sie mit der horizontalen Linie OA ei-

Digitized by Google

nen Winkel von 20° macht, alsdann die andere Lenkstange BC mit ihrer horizontalen Linie oder Richtung einen Winkel von 20° 43′ 36″ machen muß, wenn nämlich die Verbindungsstange AB eine Länge besitzt $= \frac{7}{8}$ der Länge der Lenkstange. Und aus der zweiten Tabelle ergibt sich, daß für denselben Stand der Lenkstange AB der Mittelpunkt der Verbindungsstange alsdann etwas mehr als $\frac{2}{1000}$ oder $\frac{1}{500}$ der Länge der Lenkstange auf der rechten Seite der Vertikallinie AB abweichen müsse, weil die Entfernung von diesem Punkte bis zur Vertikallinie OZ 1,0022 beträgt.

Die Angaben in den Tabellen gelten nicht allein für die Bewegung der Lenkstange OA über der Horizontallinie d. h. nicht allein für die aufsteigende Bewegung P nach A, oder für die niedersteigende Bewegung von A nach P, sondern auch für die Bewegung der Lenkstange OA unter der Horizontallinie, d. h. für die niedersteigende Bewegung von P nach B, oder für die aufsteigende Bewegung von B nach P. Denn sobald die Lenkstangen eine gleiche Länge haben, muß die aufsteigende Bewegung von BC in Bezug auf OA dieselbe seyn, wie die niedersteigende Bewegung von OA in Bezug auf BC.

Aus der Betrachtung der in diesen Tabellen angegebenen Zahlenwerthe lassen sich nachstehende wichtige Folgerungen ableiten.

Erstens. Wenn die Verbindungsstange mit den beiden Lenkstangen gleiche Länge hat, so müssen die Bogen, welche von den Lenkstangen sowohl unter, als über den Horizontallinien OA und BC beschrieben werden, auf 20° bestimmt werden; denn angenommen, die beiden Lenkstangen hätten eine Länge von 1 Elle und die Bewegung der Lenkstangen erstreckte sich bis auf 25°, so müßte in dem höchsten Stande die Abweichung des Mittelpunktes der Verbindungsstange von der vertikalen Linie 0,0047 niederländische Ellen,

Digitized by Google

also beinahe 5 niederländische Linien oder $\frac{1}{2}$ niederländischen Zoll betragen. Diese Abweichung könnte nun schon eine zu stark bebende Bewegung der Kolbenstange verursachen. Aber für 20° beträgt die Abweichung genau $1\frac{1}{3}$ niederländische Linien, und kann keine nachtheilige Wirkung zur Folge haben. In der Praxis ist eine Länge von 1 niederländischen Elle für die Lenkstange nicht sehr groß und deshalb darf hauptsächlich die Bewegung nicht über 20° ausgedehnt werden, sobald die Zugstangen eine größere Länge haben.

Zum Andern werden die größten Abweichungen bei denselben Ausdehnungen der Bewegung der Zugstangen stets größer, in dem Verhältnisse, in welchem die Verbindungsstangen kürzer sind als die Lenkstangen. Die Abweichung, welche in dem oben genannten Falle ungefähr 5 Niederländische Linien betrug, wenn die Länge der Verbindungsstange derjenigen der Lenkstangen gleich ist, wird ungefähr 8 niederländische Linien, und $11\frac{1}{2}$ niederländische Linien, sobald die Längen der Verbindungsstangen $= \frac{2}{3}$ und $= \frac{1}{2}$ der Länge der Lenkstangen ist. Wäre diese Länge $= \frac{1}{4}$ der Länge der Lenkstangen, so würde selbst die Lenkstange **O A** (Fig. 446) nicht bis auf 25° über die Horizontallinie **O A** bewegt werden können. Denn beschreibt man aus **D** (welches im 25sten Grad liegt) mit der Länge **A B** der Verbindungsstange als Radius einen Kreis, so kann der Bogen **B M** durch den Umfang dieses Kreises nicht geschnitten werden, und der gedachte Stand der Lenkstange **O D** ist also in diesem Falle unmöglich.

Es ist deshalb Drittens vortheilhaft, den Verbindungsstangen die größtmögliche Länge zu geben, besonders wenn die Extension der auf- und niedersteigenden Bewegung nicht gering seyn soll, und auf der andern Seite die Länge der Lenkstangen nicht sehr

groß genommen werden kann. Gleichwohl involvirt dieses nicht, daß bei geringerer Länge der Verbindungsstange die vertikale Bewegung der Kolbenstange weniger genau erlangt werden müsse. Denn wenn entweder die Extension der auf- und niedergehenden Bewegung nicht groß ist, oder man den Lenkstangen eine genügende Länge geben kann, so läßt sich den Umständen der Oertlichkeit und des Zweckes entsprechend die Länge der Verbindungsstange häufig willkürlich bestimmen, sobald man nur dafür sorgt, daß die von den Enden der Lenkstangen beschriebenen Bogen nicht über und unter den horizontalen Richtungen eine solche Extension haben, in Folge welcher die größte Abneigung der Mitte der Verbindungsstange außerhalb der vertikalen Linie größer als 1 bis 3 niederländische Linien werden, je nachdem die auf- und niedergehende Bewegung eine kleinere oder eine größere Ausdehnung besaß. Wenn man von den vorausgeschickten Tabellen Gebrauch macht, so unterliegt die Anwendung dieser Folgerungen keinem Zweifel.

Es soll z. B. die Aufgabe gestellt werden, die Länge der Verbindungsstange für den Fall zu bestimmen, daß der Kolbenlauf 12 niederländische Palmen lang ist, und daß man den Lenkstangen keine größere Länge als 14 niederländische Palmen geben kann?

Es hält nicht schwer zu bemerken, daß (bei geringer Extension der Bogen **A D**, **A P** von dem Ende der Lenkstange **O A** über und unter der Horizontallinie beschrieben) das Emporsteigen des Endes **A** oder auch dessen Niedergang in der Richtung der Chorde **A D** oder **A P** des durchlaufenen Bogens gerechnet, sehr wenig differirt von der Hälfte der Extension der Bewegung des Mittelpunktes **P** der Verbindungsstange **A B**. Wenn der Kolbenlauf 12 nie-

Digitized by Google

derländische Palmen beträgt, muß der Bogen A D eine solche Extension haben, daß seine Chorde A D die Hälfte von 12 oder 6 niederländischen Palmen beträgt. Mit Hilfe einer Chordentafel findet man auch für diesen Bogen, d. h. für die Extension der Bewegung der Lenkstangen über und unter der horizontalen Linie mehr als $24\frac{1}{2}^0$; weshalb, wenn die Verbindungsstange mit den Lenkstangen gleiche Länge hat und diese Länge nur 10 niederländische Palmen oder 1 niederländische Elle betragen sollte, die größte Abweichung des Mittelpunktes von der vertikalen Linie schon mehr als 4 niederländische Linien betragen kann (siehe Tabelle 2 in der ersten Columne, 25^0 gegenüber). Es ist deshalb rathsam, die Verbindungsstange überhaupt nicht weniger lang zu nehmen, als die Lenkstangen und eher ihre Länge auf mehr als 14 niederländische Palmen (z. B. auf 16 oder 17 niederländische Palmen) zu stellen. Wenn man nicht mit einer Chordentafel versehen ist, so ist auch für die Praxis die nachfolgende Rechnungsart von hinlänglicher Genauigkeit. Der Radius A O beträgt 14 Palmen; der halbe Umfang von 180^0 ist deshalb $= 14 \times 3{,}1416 =$ beinahe 44 niederländischen Palmen, und da der Bogen A D ziemlich an 6 Palmen beträgt, so enthält er deshalb ziemlich $\frac{6}{44}$ von 180^0, oder reichlich $24\frac{1}{2}$.

Hätte man die Länge der Lenkstangen kürzer als zu 14 niederländischen Palmen, z. B. auf 11 niederländische Palmen bestimmt, so würde die Erfüllung der Erfordernisse auf Kosten der Genauigkeit statthaben, oder mit andern Worten, die Ausführung würde mangelhaft seyn, denn die Länge der Lenkstangen muß wenigstens etwas größer seyn, als der Kolbenzug.

Sollte eine zu lange Verbindungsstange Unbequemlichkeit verursachen, so läßt sich der Zweck auch mit

einer weniger langen Verbindungsstange erreichen, sobald es in unserer Willkühr steht, die Lenkstangen länger machen zu dürfen. Gäbe man z. B. (in derselben Voraussetzung wie oben) den Lenkstangen eine Länge von 22 Palmen, so brauchten sie nur $15\frac{2}{3}^{0}$ über und unter der Horizontallinie **O A** und **B C** zu beschreiben. Nach der zweiten Tabelle müssen nun für eine Lenkstange von 1 niederländische Elle und einer Verbindungsstange von $\frac{2}{3}$ und von $\frac{1}{2}$ niederländischen Elle die größten Abweichungen von der vertikalen Richtung ungefähr 0,0005 und 0,0007 niederländische Ellen betragen. Deshalb werden diese Abweichungen 0,0011 und 0,00145 niederländische Ellen, wenn die Lenkstangen 22 niederländische Palmen lang sind. Man kann deshalb die Länge der Verbindungsstangen = 11 niederländische Palmen (die halbe Länge der Lenkstangen) setzen, weil bei derselben nur eine geringe größte Abweichung von ungefähr $1\frac{1}{2}$ niederländischen Linien entsteht.

256. Es ist keine absolute Nothwendigkeit, daß die Lenkstangen **O A** und **B C** Fig. 443 eine gleiche Länge haben; auch kann die Bewegung des Punktes **P**, statt in der Tangente **A B** der beiden Kreise, fortzuschreiten, in der Richtung einer Chorde stattfinden, oder selbst außer den Peripherien der Kreise, und diese Fälle verdienen kürzlich erwogen zu werden.

A. Die Lage einiger festen oder sich bewegenden Theile kann häufig verhindern, daß die beiden Lenkstangen **O A** und **B C** eine gleiche Länge haben. Es kann auch ein besonderer Zweck, eine Folge der besondern Einrichtung ꝛc. seyn, warum eine der Lenkstangen **B C** Fig. 447 länger genommen werden soll, als die andere **O A**. In diesem Falle wird der Theil der krummen Linie, welche durch einen Punkt **P** der Verbindungsstange **A B** beschrieben wird und zwischen den beiden Lenkstangen **O A** und **B C** liegt, ebenfalls von

Digitized by Google

einer geraden Linie wenig abweichen. Aber der Punkt P kann hier nicht in der halben Länge der Verbindungsstange AB liegen, jedoch ist seine Lage leicht zu finden; denn setzt man voraus, daß die Länge der Chorde AD sehr wenig von dem halben Kolbenlauf differirt, und daß der Bogen AD eine Extension von 20° hat, so wird die Lage des Punktes P gefunden, wenn man die Länge AB der Verbindungsstange im umgekehrten Verhältnisse der Längen OA und BC der Lenkstangen theilt. Zieht man also OC, welche Linie AB in Z schneidet, und nimmt man AP = BZ, so ist P der verlangte Punkt. Oder man verlängere OA und BC bis in c und bis in o, so daß Ac = BC und Bo = AO sey und ziehe die Linie oc, die AB in P schneidet, welches der Verbindungspunkt für die Stange des Dampfkolbens seyn muß.

Die krumme Linie, welche von dem Punkte P beschrieben wird, weicht merklicher von der Tangente AB ab, als wenn die Zugstangen OA und BC einander gleich sind. Deshalb bleibe die Extension des Bogens AD, den das Ende A der kürzesten Lenkstange beschreibt, stets unter 20 Graden, und der Punkt P komme sehr wenig unter die horizontale Richtung BC der Lenkstange BC. Die Verbindungsstange AB sey auch nicht so kurz, wenigstens nicht kürzer als $\frac{2}{3}$ der Länge der kürzesten Lenkstange OA; und daß es vortheilhaft sey, die Länge von OA und BC so wenig wie möglich differiren zu lassen, ergibt sich aus dem oben Gesagten. Uebrigens können die in dem vorhergehenden Artikel gegebenen Vorschriften auch hier benutzt werden, um die absolute Länge der Verbindungsstange zu erhalten, wenn der Lauf des Kolbens und die Länge der Lenkstangen gegeben sind. Eben so bestimmt man die Länge der zweiten Lenkstange und den Ort ihres Drehungspunk-

Digitized by Google

tes, wenn der Lauf des Kolbens und die Länge der ersten Lenkstange gegeben sind; denn hat man die Länge AB der Verbindungsstange gleich, oder größer als die Länge des Kolbenlaufes und den Verbindungspunkt P nach Willkühr oder nach Zweck und Umständen genommen, so wird OA bekannt werden, indem man die Linie co oder CO zieht.

B. Bis jetzt haben wir angenommen, daß die Bewegung des Verbindungspunktes der Verbindungsstange in der Richtung des Bogens erfolge, den die Enden der Lenkstangen beschreiben; alsdann ist die Richtung der Verbindungsstange vertikal, wenn die der Lenkstangen horizontal ist, und diese also in dem Mittelstande ihres Laufes sind. Aber die Bewegung des genannten Verbindungspunktes kann auch in der Richtung der Chorde des Bogens erfolgen, den die Enden der Lenkstangen sowohl unter als über ihren horizontalen Richtungen beschreiben; alsdann ist die Verbindungsstange vertikal gerichtet, wenn die Lenkstangen ihre höchsten und tiefsten Stände erreicht haben.

Unter dieser Voraussetzung wollen wir zuerst annehmen, daß die Lenkstangen eine gleiche Länge haben, und daß auch die Verbindungsstange so lang sey, als die Lenkstangen. Es sey OA Fig. 448 die horizontale Richtung und die Länge einer der Lenkstangen. Wenn das Ende dieser Stange keinen größern Bogen als von 20° über und unter der Horizontallinie OA beschreiben soll, so nehme man die Bogen AD und AI = 20° und ziehe die Vertikallinie DEIH, welche die Chorde des Bogens DAJ und zugleich die Richtung der Bewegung des Verbindungspunktes der Verbindungsstange seyn muß. Weil nun die Lenkstangen dieselbe Länge haben sollen, so muß auch der Verbindungspunkt in der Mitte der Verbindungsstange liegen. Man beschreibe deshalb mit der Länge der halben Verbindungsstange als Radius aus A einen Kreis-

Digitized by Google

bogen, welcher die vertikale Linie im Punkte P schneidet; man ziehe die Linie APB; man mache BP = AP; man ziehe die Linie BC parallel mit OA und endlich die Linie OPC, welche BC in C schneidet. Alsdann ist C der Drehungspunkt und BC die horizontale Richtung der zweiten Lenkstange (deren Länge = OA ist); und AB ist die Richtung der Verbindungsstange, welche den horizontalen Richtungen der Lenkstangen entspricht; P wird der Verbindungspunkt seyn.

Daß nun bei dieser Stellung der Theile die Verbindungsstange vertikal gerichtet seyn müsse, wenn die Lenkstangen in ihren äußersten Ständen sind, ergibt sich von selbst; denn in diesen Ständen befinden sich die Enden A und B in D und G, und die Linie DG ist dann sowohl die Richtung der Verbindungsstange, als diejenige der vertikalen Chorde des beschriebenen Bogens. Hieraus folgt deshalb, daß der Verbindungspunkt P sowohl in den zwei äußersten Ständen, als in dem mittelsten Stande absolut in der vertikalen Linie liegen müsse; — daß deshalb die Abweichungen von der vertikalen Linie stattfinden müssen zwischen dem mittelsten und den beiden äußersten Ständen; — und daß bei keiner zu großen Extension der beschriebenen Bogen die genannten Abweichungen auch gleichmäßiger über den ganzen Lauf sich vertheilen müssen, als in dem Falle, wo die Bewegung in der Richtung der Tangente stattfindet. Dieses ist dann auch der Grund, weshalb bei Dampfmaschinen die Richtung der Chorde lieber als die Richtung der Tangente für die Richtung der Bewegung der Kolbenstange gewählt wird, und bei derselben wirkt die Kraft in den äußersten Ständen des Dampfkolbens auch weniger schräg auf die Lenkstangen oder Balanciers, so daß ein Beben derselben weniger vorhanden seyn kann.

Digitized by Google

Was die Bestimmung der Extension der Bewegung der Lenkstangen ihrer Länge und derjenigen der Verbindungsstange entsprechend anlangt, so können dieselben Gründe, welche in Art. 255 ausführlich entwikkelt sind, auch hier gelten. Es ist dann auch in diesem Falle wahr, daß der Weg, den der Verbindungspunkt der Verbindungsstange zurücklegt, um so weniger von einer geradlinigen Richtung abweichen wird, je größer die Länge der Verbindungsstange ist, und eine geringere Länge dieser Stange als die Hälfte der Längen der Lenkstangen ist mehrentheils unräthlich, es müßte denn wieder die Extension der Bewegung dieser Stangen geringer angenommen werden können.

Hierher kann auch der Fall gerechnet werden, der bereits Art. XXIX. §. III. c. 2, Abth. II. Theil II. erwogen worden ist (man vergleiche noch näher Figur 452). Aber wenn die Verbindungsstange AB eine so schräge Richtung hat, als hier angenommen worden ist, so kann die Bewegung der Lenkstangen nicht sehr ausgebreitet seyn, wenigstens nicht so weit sich erstrekken, daß die Verbindungsstange eine vertikale Richtung bekommt; denn in den zwischen gelegenen Punkten kann der Verbindungspunkt P merklich von der vertikalen Linie abweichen.

Bei einer ungleichen Länge der Lenkstangen Figur 449 kann der Verbindungspunkt P nicht in der Mitte der Verbindungsstange liegen; der Ort dieses Punktes muß jedoch anders bestimmt werden, als oben für den Fall angegeben worden, daß die Bewegung in der Richtung der Tangente des Bogens, den die Enden der Lenkstangen beschreiben, ausgeführt wird. Man kann diese Bestimmung sowohl durch Berechnung, als durch Construktion bewerkstelligen. Für die Praxis ist die graphische Bestimmung die einfachste. Sie gründet sich gleich der arithmetischen Bestimmung auf die Berücksichtigung, daß in dem

Digitized by Google

höchsten Stande der Lenkstangen die Enden A oder B von den horizontalen Richtungen OA und BC Entfernungen behaupten, die man gleichsetzen kann der Hälfte der Extension der Bewegung des Verbindungspunktes P—, oder mit andern Worten, gleich dem halben Kolbenlaufe.

Setzt man nun voraus, daß für den gegebenen Kolbenlauf und für die gegebene Länge OA der kürzesten Lenkstange der Bogen AD kleiner als 20° seyn könne, so ist die Construktion folgende. Man ziehe eine unbestimmte Horizontallinie OM, beschreibe mit der Länge der kürzesten Lenkstange einen Kreisbogen AD, ziehe irgendwo eine senkrechte Linie ab, mache dieselbe gleich dem halben Kolbenlauf und ziehe bD parallel mit OA, so daß diese Linie den Kreisbogen in dem Punkte D schneidet, so ist zuerst die vertikale Linie DEF der Weg für die Bewegung der Kolbenstange und deshalb auch die Linie, in welcher der Verbindungspunkt der Verbindungsstange liegen muß. Man greife mit dem Zirkel einen Radius ab, welcher gleich ist der Länge der größten Lenkstange, und nachdem man aus D einen kleinen Bogen beschrieben hat, welcher die horizontale Linie OM in M schneidet, so beschreibe man aus M mit DM als Radius einen Kreisbogen DG, welcher OA in G schneidet. Aus G und M ziehe man die Linie GB und MC parallel mit DEF; auf der ersten Linie BG wird das Ende und auf der zweiten Linie der Drehungspunkt der zweiten Lenkstange liegen müssen. Wenn der vertikale Abstand der beiden Lenkstangen gegeben ist, so nehme man GB diesem Abstande gleich und ziehe BC und BA, so ist BC der Stand der zweiten Lenkstange, BA die Länge der Verbindungsstange und der Schneidungspunkt P der Linie AB mit der Vertikallinie DEF wird der Verbindungspunkt der Verbindungsstange seyn. Wenn dagegen die

Länge der Verbindungsstange gegeben seyn sollte, so greife man dieselbe mit dem Zirkel ab und beschreibe aus A einen Kreisbogen, welcher die senkrechte Linie GB in dem Punkte B schneidet; man ziehe AB und BC parallel mit OM, dann ist, wie oben, BC die zweite Lenkstange, AB die Verbindungsstange und P der Verbindungspunkt. Die Richtung der Bewegung der Kolbenstange kann auch zwischen der Chorde der Enden des Bogens (den das Ende der Lenkstange beschreibt) und der Tangente desselben Bogens liegen. Manchmal wird diese Richtung so genommen, daß sie die über und unter der horizontalen Linie beschriebenen Bogen mitten durchschneidet. Mit Benutzung des Vorausgeschickten wird die Construktion für die praktische Ausführung auch in diesem Falle keine Schwierigkeit verursachen.

C. Wenn die Summe der Längen der beiden Lenkstangen OA und BC Fig. 450 kleiner ist, als die horizontale Entfernung CG, von deren Drehungspunkten O und C, so muß die vertikale Linie zz, in welcher der Verbindungspunkt P der Verbindungsstange AB sich bewegen muß, ganz zwischen die Kreisbogen AD und BE fallen, d. h. außerhalb diesen Bogen, und sie wird weder Tangente, noch eine schneidende Linie seyn. In diesem Falle beschreibt der Punkt P eine krumme Linie, cPb, welche auf eine gewisse Länge pq auch nicht merklich von der geraden Vertikallinie zz abweicht. Jedoch wird immer die Abweichung eher merkbar werden, als wenn zz eine Tangente beider Kreisbogen ist, und die Verbindungsstange AB gelangt hier niemals in eine vertikale Stellung. Die Extension des beschriebenen Bogens AD, oder BE sey deshalb immer kleiner als 20°, je größer die horizontale Entfernung aB der Enden A und B der Lenkstangen werden sollte. Uebrigens wird, wie in den vorhergehenden Fällen, die Abweichung kleiner

seyn, wenn man der Verbindungsstange A B eine grössere Länge geben kann. Sind die Lenkstangen sich an Länge gleich, so fällt der Verbindungspunkt P in die Mitte der Verbindungsstange, aber bei einer ungleichen Länge der Lenkstangen fällt er an der längern näher, als an der kürzern Stange. Häufig kann man A B in dem umgekehrten Verhältnisse der Längen der Lenkstangen vertheilen, um diesen Punkt zu finden. Manchmal ist der Stand der Vertikallinie z z nebst O A und A B gegeben, und um nun die Länge der zweiten Lenkstange B C zu finden, müssen O A und A B nur in drei verschiedenen Ständen gezeichnet werden, so daß der Punkt P immer auf der Linie z z liegt, und wenn dann die Enden B der Verbindungsstange angemerkt werden und man durch dieselben einen Kreisbogen konstruirt, so muß der Radius dieses Bogens gleich seyn der Länge B C der zweiten Lenkstange, die ihren Drehungspunkt C im Mittelpunkte des Bogens hat.

Es ist schwierig, im voraus zu bestimmen, in welcher Ausdehnung die Lenkstangen (oder auch die kürzeste derselben, wenn beide von ungleicher Länge sind) sollen bewegt werden können, damit der Verbindungspunkt P der Verbindungsstange nicht merklich von der Vertikallinie z z abweiche; denn diese Extension hängt sowohl von der Länge der Verbindungsstange, als von der horizontalen Entfernung a B der Enden der Lenkstangen ab. Selten kann man den Bogen A D = 20° nehmen, und es ist rathsam, sich in jedem besondern Fall durch die Verzeichnung der krummen Linie b p q c genau der Stelle zu versichern, in welche der Verbindungspunkt fällt, so wie auch der bestimmten Extension, bis auf welche die Lenkstangen sich drehen dürfen.

Die Anwendung des eben erwogenen Falls ist häufig nützlich und manchmal nothwendig, weil

durch die Entfernung a B der Enden der Lenkstangen und da die Verbindungsstange A B niemals in eine vertikale Richtung gelangt, auch zwischen den Kreisbogen D A F und E B H keine Behinderung der Bewegung der Stange eines Kolbens stattfindet. Deshalb kann man diese Stange an die Verbindungsstange A B meistens mit einem einfachen gabelförmigen Ende befestigen, während sonst entweder die Verbindungsstange, oder die Lenkstangen doppelt genommen werden und zu einer Art von Scharnierparallelogramm gebildet werden müssen (vergl. Fig. 442).

Wenn kein Raum zur Anbringung von Lenkstangen vorhanden seyn sollte, so kann man manchmal sich auf die Weise helfen, daß man die Enden der Verbindungsstange mit Rollen oder Rädchen A B Fig. 451 versieht und diese in einem kreisförmigen Geleise D E und F G von zwei eisernen Leitungen D E B und F G K laufen läßt, welche an einer Wand gut befestigt sind, oder von Stangen getragen werden, oder an Balken hängen ꝛc. Denn wenn O und C die Mittelpunkte der Bogen D E und F G sind, so ist es ganz einerlei, ob man die Enden der Verbindungsstange A P B mit zwei Lenkstangen verbindet, wie O A und C B, oder ob man dieselben sich in den kreisförmigen Geleisen D A E und F B G sich bewegen läßt, weil letztere doch auch die Wege sind, welche die genannten Enden im ersten Falle durchlaufen, und daß hierbei ein beträchtlicher Raum in der Breite gewonnen wird, ergibt sich aus der Figur zur Genüge. Aber nur die Nothwendigkeit kann gebieten, diese complicirtere Einrichtung in Anwendung zu bringen und zwar aus folgenden Gründen:

1) Weil die Rollen an den Enden der Verbindungsstange niemals so vollkommen genau in dem kreisförmigen Geleise fortlaufen können, daß durch die Mittelpunkte derselben die Bogen D E und F G mit der-

Digitized by Google

selben Genauigkeit beschrieben werden, als es durch die Verbindung der Verbindungsstange mit Lenkstangen geschehen muß;

2) weil in Ermangelung eines hinlänglichen Raums für die Lenkstangen eine Leitung der Kolbenstange zwischen vertikalen Geleisen, wie in den Figuren 434 oder 435 angegeben ist, dieselbe Wirkung gibt. So kann man sich auch die Konstruction von Fig. 451 als in die eben erwähnte übergehend denken, wenn man sich die Längen der beiden Lenkstangen **OA** und **BC** unendlich groß denkt, denn alsdann werden die Bogen **DE** und **FG** gerade Linien.

257. Wenn man sich vorstellt, daß das Ende **P** Fig. 453 der Stange eines Dampfkolbens in Verbindung steht mit dem Ende einer Lenkstange **AP**, welche sich um den Punkt **A** dreht, so muß das genannte Ende **P** bestimmt seyn, den Kreisbogen **aPc** (welcher von dem Ende der Lenkstange beschrieben wird) zu durchlaufen. Der Punkt **P** kann auf diese Weise keineswegs in der vertikalen Richtung **MS** bewegt werden. Wenn man den Drehungspunkt **A** beweglich macht, d. h. ihn durch **AP** mit einer zweiten Stange **OA** verbindet (dieselbe kann schräg oder vertikal gerichtet seyn), welche sich um einen festen Punkt **O** dreht, so kann das Verlangte eher erreicht werden. Aber die verlangte vertikale Bewegung ist dann noch unsicher, weil nun die Stange **AP** allen Bewegungen von **PS** folgen kann, ohne daß man ihre Abweichung von der vertikalen Richtung zu verhüten im Stande ist. Wenn man also die Bewegung der Stange **AP** durch eine dritte Stange **BC** bestimmt, welche bei **B** mit **AP** in Verbindung steht und bei **C** sich um einen festen Punkt dreht, so wird die Bewegung des Punkts **P** gleichfalls bestimmt seyn und für eine nicht sehr große Extension von der vertikalen Richtung **MS** auch beinahe gar nicht abweichen.

Digitized by Google

Die Einrichtung, welche auf die gedachte Weise entsteht, ist bekannt. Von derselben ist bereits Art. 29. §. III. c. II. Abth. II. Theil II. Erwähnung geschehen, und ihre Anwendung ist in Fig. 454 noch besonders dargestellt. Man könnte sagen, daß diese Konstruction eine besondere Modification der gewöhnlichen Konstructionen ist, von denen in den vorhergehenden Artikeln 254 bis 256 die Rede gewesen ist, so daß **OA** und **BC** die beiden Lenkstangen sind, die nicht parallel zu einander liegen, sondern mit einander einen gewissen Winkel bilden; **AB** stellt die Verbindungsstange vor, in deren Verlängerung nun der Verbindungspunkt **P** fällt, während derselbe gewöhnlich zwischen den Punkten **A** und **B** liegt. Aber auf diese Weise die Entstehung dieser Konstruction zu erklären, ist weniger natürlich, als sie aus der Einrichtung des Scharnierparallelogramms abzuleiten, wie weiter unten im Art. 267 aus einander gesetzt werden soll, wo wir das von Evans angewendete Mittel, der Kolbenstange seiner Dampfmaschine einen vertikalen Hub und Schub zu sichern, in Betrachtung ziehen wollen.

Weil jedoch die Einrichtung in einer sehr genauen Verbindung steht mit der in Art. 254 bis 256 betrachteten, so werden die nachfolgenden Bemerkungen für ihre Anwendung ausreichend seyn.

a) Der Punkt **P** beschreibt keine gerade Linie, sondern eine schlingenförmige krumme (Fig. 455), ähnlich derjenigen, welche beschrieben wird von den Verbindungspunkten der Verbindungsstangen in den weiter oben erklärten Structuren, und diese schlingenförmige krumme Linie weicht auf eine gewisse Extension so wenig von der vertikalen Richtung **zz** ab, daß innerhalb dieser Grenzen die Bewegung des Verbindungspunkts für geradlinig gehalten werden kann.

b) Diese Grenzen verändern sich mit den Dimensionen der Lenkstangen und können in jedem be-

Digitized by Google

sondern Fall entweder durch Berechnung oder einfacher durch Konstruction entdeckt werden. Je kürzer im Allgemeinen die Stangen sind im Verhältniß zum Kolbenlauf, oder zur doppelten Länge der Kurbel **MQ**, desto enger müssen die genannten Grenzen seyn, und deshalb ist eine mäßige Länge dieser Stangen immer für vortheilhaft zu halten.

c) Die kurze Stange **OA** kann verschieden gerichtet seyn, am zweckmäßigsten ist es aber, wenn sie so ziemlich einen vertikalen Stand behält, so daß sie durch die Bewegung von **P** eben so sehr auf die rechte Seite der Vertikallinie gezogen, als sie von der linken Seite abgestoßen wird. Auch ist die Länge dieser Stange willkürlich, aber eine größere Länge hat eine geringere Abweichung der Stange zur Folge und ist für den eigentlichen Zweck vortheilhafter. Im Allgemeinen darf diese Länge nicht kleiner seyn, als diejenige des halben Kolbenlaufs, oder nicht kleiner, als die Länge der Kurbel **MQ**.

d) Nimmt man nun an, daß die Lenkstange, oder lieber die Verbindungsstange **ABP** nicht kürzer sey, als anderthalb Mal die Länge des Kolbenlaufs, so kann man auch sicher seyn, daß die vertikale Bewegung des Verbindungspunkts **P** mit ausreichender Genauigkeit stattfindet. Und weil hierbei der Winkel **deP** ungefähr 18° bis 20° wird, so kann die Bestimmung der Punkte **A** und **O** in der Praxis keine besondere Schwierigkeit verursachen.

e) Die Länge der Lenkstange **BC** hängt ab von der Bestimmung des Punkts **B**, wo sie mit der Verbindungsstange **AB** in Verbindung treten soll. Der Drehungspunkt **C** muß immer in der horizontalen Linie liegen, welche durch den Punkt **A** läuft. Nimmt man nun den Verbindungspunkt **B** gerade in der Mitte **m** der Stange **AP**, so wird auch die Länge der Stange **BC** genau gleich der Hälfte **mP** der Verbin-

Digitized by Google

dungsstange AP, und der feste Drehungspunkt P kommt deshalb in die Ebene der Vertikallinie MPS (eine solche Proportion der Theile findet man z. B. in der Dampfmaschine von Evans, vergl. Fig. 78. Tafel VIII.). Nimmt man B näher an A, als an P, so muß der feste Drehungspunkt zwischen A und P gebracht werden. Und bringt man den Verbindungspunkt B näher an P, als an A, so muß der Drehungspunkt irgendwo in C auf die Verlängerung von AP fallen, wie aus der Figur ersichtlich ist. Der Verbindungspunkt B in der Hälfte von AP gibt ein gutes Resultat; weniger vortheilhaft ist es, diesen Punkt näher an A, als an P zu nehmen. In jedem Falle wird die Länge von BC und der Ort C des Drehungspunkts C bekannt, wenn man AP in den äußersten und mittelsten Ständen ed, ef und AP zeichnet, so daß d, P und f in der Vertikallinie MS liegen, alsdann (wenn B die Stelle des Verbindungspunkts seyn soll) BP = dg = fh nimmt und endlich den Mittelpunkt C des Bogens sucht, welcher durch die drei Punkte g, B und h läuft. Man kann jedoch auch eine andere Konstruction anwenden, welche in Art. 268. a erwähnt werden soll.

f) Umstände und Zwecke können die Anwendung der beschriebenen Konstruction wählen lassen, aber an und für sich verdient sie keineswegs den Vorzug vor der ursprünglicheren, die in den vorhergehenden Artikeln bereits erklärt worden ist, und sie ist sogar bei der beträchtlichen Schwere der Theile wegen der mehr drehenden Bewegung der Unterstützungsstange OA nicht anzuempfehlen.

258. Man hat den Vorschlag gemacht, die Kolbenstange SP Fig. 456 mit zwei Stangen PA und PB von gleicher Länge, welche sich um die Zapfen A und B der kurzen Stangen AO und BC drehen, die ihre festen Drehungspunkte in O und in C ha-

Digitized by Google

ben, zu leiten. Diese Einrichtung hat in sofern Aehnlichkeit mit der vorhergehenden, daß statt einer Lenkstange mit festem Drehungspunkt hier eine Lenkstange **BP** mit dem beweglichen Drehungspunkte **B** angebracht wird. Wenn **p** der höchste und **q** der tiefste Stand des Endes **P** der Kolbenstange ist, und wenn also **pa**, **pb** und **qc**, **qd** die entsprechenden Stände der Lenkstangen sind, so muß die Länge der Stützstangen **AO** und **BC** so bestimmt seyn, daß deren Richtungen **Oc** und **Cd** im tiefsten Stande noch eine hinlängliche Entfernung von der Horizontallinie **OC** haben, und daß die Richtungen **Oa** und **Cb** für den höchsten Stand noch nicht vertikal sind. Die Bogen **ac** und **bd**, welche durch die Zapfen **A** und **B** beschrieben werden, dürfen deshalb keine größere Extension als von 60° haben, und dieses läßt sich immer sehr leicht ausführen, da die Länge der Stange willkürlich ist.

Oberflächlich hat es den Anschein, daß mit dieser Einrichtung dem Zweck entsprochen werden könne, und sie ist auch in manchen Fällen nicht ganz ohne Nutzen. Aber bei genauerer Untersuchung findet sich's, daß einige Abweichung oder ein Streben der Kolbenstange, von der Vertikallinie abzuweichen, sich durch die Wirkung der Stangen **AP**, **BP**, **AO**, **BC** nicht beseitigen läßt. Denn da die Konstruction allein bestimmt ist, durch die festen Punkte **O** und **C** und übrigens in jeder Richtung sich drehen kann, so hat eine seitliche Bewegung der Stangen **PBC** — so daß dieselben in den Stand **ZyC** kommen — eine dergleichen seitliche Bewegung der Stangen **PAO** zur Folge, die den entsprechenden Stand **OxZ** annehmen werden. Da die Seitenbewegung deshalb möglich ist, so muß sie auch durch das abwechselnde Schleudern der Kurbelstange stattfinden können, wenigstens kann sie durch die Lenkstangen nicht vollkom-

Digitized by Google

men verhindert werden und muß jedenfalls auf die Kolbenstange eine sehr nachtheilige Wirkung hervorbringen.

Endlich läßt sich die Sache auch auf folgende Weise betrachten. Es ist nicht möglich, eine Lenkstange **O A** Fig. 457, welche sich um einen festen Punkt **O** dreht, in unmittelbare Verbindung mit der Dampfkolbenstange **P S** zu bringen, welche in einer vertikalen oder geradlinigen Richtung (denn die Stellung des Cylinders kann auch eine andere, als eine vertikale seyn) bewegt werden muß. Wenn aber das Ende **A** der Lenkstange durch eine Verbindungsstange **A R** mit der Kolbenstange verbunden wird, so kann die Bewegung des Punkts **A** in den Bogen **a b** und die geradlinige Bewegung der Stange **P S** gleichzeitig stattfinden. Jedoch tragen die Stangen **O A** und **A R** nichts oder wenig dazu bei, um zu verhindern, daß **P S** während der Bewegung von der geraden Linie abweicht.

Bringt man an die andere Seite der Stange **P S** eine zweite Lenkstange **B C** Fig. 458 mit einer Verbindungsstange **B R**, so ist die geradlinige Bewegung der Stange **P S** viel mehr bestimmt, da nun beide Lenkstangen entgegengesetzte Wirkungen ausüben müssen, um die Kolbenstange eben so weit nach rechts, als nach links zu ziehen und eine Abweichung der geradlinigen Bewegung zu verhindern. Aber aus denselben Gründen, die so eben hinsichtlich der Zusammensetzung von Fig. 56 vorgebracht sind, ist auch hier noch eine Seitenbewegung des Verbindungspunkts **R** möglich. Zwar wird das Streben nach Ausweichung mehr behindert, wenn auch der Verbindungspunkt **P** der Kurbelstange durch Verbindungsstangen **A P** und **B P** mit den Lenkstangen **O A** und **B C** verbunden wird, aber gänzlich läßt sich die Möglichkeit der Abweichung nicht beseitigen, man müßte denn die Zusammen-

Digitized by Google

setzung so einrichten, daß die Enden der gleichlangen Lenkstange OA und BC in derselben Zeit gleiche Theile des Bogens ab und cd zurücklegten.

Diese ganz gleichzeitige und gleichgroße Bewegung der Lenkstangen wird z. B. erlangt, wenn man dieselbe mit doppelten Kreisstücken DE, FG Figur 459 versieht und eine Art von Rinne oder Hohlkehle für den Durchgang der Kolbenstange SP läßt, und wenn man ferner die Kreisstücken mit Scharnierketten kuppelt, so daß auf der einen Seite die Kette von dem Punkte F des Bogens FG gespannt ist, bis zum Punkte E des Bogens DE und auf der andern Seite die Punkte D und G gleichfalls durch dieselbe Kette (oder auch einen breiten Riemen) gekuppelt sind. Die Bogen DE und FG können auch gezahnt seyn, und wenn die Zähne genau in einander eingreifen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß sich keine der Lenkstangen drehen kann, ohne daß auch die andere gleichzeitig eben so weit mitgeführt wird. Hierbei muß die Kolbenstange eine absolut geradlinige Bewegung erlangen, ohne die mindeste Abweichung und ohne die geringste Beschränkung der Länge des Kolbenlaufs.

In Fig. 459, Nr. 2 ist eine der Lenkstangen mit gezahntem Bogen im Aufrisse von der Vorderseite dargestellt, um zu versinnlichen, wie die Kolbenstange PS zwischen diesen Bogen ab, ab durchläuft. Und aus dem Grundrisse der Lenkstangen Fig. 459, Nr. 3 läßt sich entnehmen, daß die Enden der Lenkstangen eigentlich für den Zweck, doppelte Bogen zu bilden, gabelförmig sind. Man kann noch auf andere Weise eine Einrichtung treffen, indem man z. B. der Kurbelstange QP ein langes gabelförmiges Ende gibt, welches die einzelnen Bogen der Lenkstangen umfaßt und sich um den Zapfen R der Verbindungsstangen dreht; oder auch indem man den Theil PR der Kolben-

Digitized by Google

stange **PRS** wegfallen läßt und die Kurbelstange **PQ** durch vier andere Verbindungsstangen **AP**, **BP** (an jeder Seite zwei) mit den Lenkstangen oder Balanciers **OA**, **CB** verbindet ꝛc.

Aus dieser Betrachtung läßt sich auch entnehmen, wie man die Kolbenstange mit einer Zahnstange verbindet, die auf einen gezahnten Bogen einer Stange oder eines Balanciers wirkt, aber die genauere Betrachtung dieser Zusammensetzung eignet sich besser für den folgenden Paragraphen.

C. Wenn die geradlinige Bewegung der Dampfkolbenstange bestimmt wird durch Räderwerk, das in entgegengesetztem Sinne wirkt, um die verlangte rotirende Bewegung aus der abwechselnden Bewegung dieser Stange abzuleiten.

259. Von der abwechselnd geradlinigen Bewegung des Dampfkolbens, kann auch die rotirende Bewegung einer Welle abgeleitet werden durch Vermittlung von Räderwerk, und dazu eignen sich die Mittel, welche wir Art. 40 §. II c. III Abth. II Theil II angegeben haben. Durch diese Mittel entstehen die nachfolgenden Konstructionen.

a) Fig. 460 No. 1 und No. 2 (No. 1 ist der Aufriß und No. 2 der Grundriß. Die Kolbenstange **AB** ist in der Extension **ab**, welche reichlich gleich ist der Länge des Kolbenlaufes, auf beiden Seiten gezahnt, hat also die Gestalt einer doppelten Zahnstange, und oben läuft sie durch ein festes Auge **C**. Die Stange **AB** kann aus zwei Stücken bestehen und mit einer Hülse oder Büchse bei **O** gekuppelt seyn. Die Zähne der Zahnstange greifen in diejenigen der Räder **D**, **E**, welche sich lose um die kurzen horizontalen Achsen **FG**, **HI** drehen. Zwei Sperrräder **K**, **L** liegen an den genannten Rädern und sind fest auf die Achsen **FG**, **HI** aufgezogen. Die

Digitized by Google

Sperrkegel c, d drehen sich um Nägel, welche in die Felgen der Räder D, E eingeschlagen sind, und werden durch Federn gegen die Zähne der Sperräder K, L angedrückt gehalten. Zwei andere Räder M, N sitzen fest auf den Achsen FG, HI und greifen beide in das Zwischenrad P, welches auf die Achse des Schwungrades P gezogen ist.

Wenn der Kolben emporgeht, müssen die Räder D, E in der Richtung der Pfeilchen gedreht werden; das Rad D dreht sich lose um die Welle FG, weil der Sperrkegel c über die Zähne des Zahnrades K geschleift wird. Aber da das Rad E sich in einer solchen Richtung dreht, daß der Sperrkegel d in die Zähne des Sperrrades L eingreift, so kommt dieses Rad dadurch in feste Verbindung mit der Welle HI und hierdurch wird auch die Bewegung auf die Achse des Schwungrades fortgepflanzt. Die Achse FG muß durch die Wirkung der Räder P, M mit bewegt werden und zwar in derselben Richtung als die Achse HI; weil aber das Rad D sich lose um die Achse FG dreht, so kann die Bewegung dieser letztern die Bewegung der Achse des Schwungrades nicht hindern. Geht der Kolben nun niederwärts, so müssen die Räder D, E ganz anders umgedreht werden; E kommt außer Verbindung mit seiner Achse, aber von dem Rade D muß nun der Sperrkegel c in die Zähne des Sperrrades K greifen. Dadurch wird die Achse FG in derselben Richtung fortbewegt werden und die Wirkung des Rades M auf das Rad P unterhält nun auch die Bewegung des Schwungrades in derselben Richtung, während die Achse HI sich mit in derselben Richtung wie zuvor umdreht, ohne die andern Bewegungen hindern zu können. Es leuchtet nun aufs Deutlichste ein, daß bei dieser abwechselnden Wirkung der Räder D, E oder lieber der Sperrkegel c, d die auf- und niedergehende Be-

Digitized by Google

wegung der Kolbenstange eine anhaltend rotirende Bewegung der Betriebswelle, auf welche das Schwungrad gezogen ist, erzeugen müsse.

Eine Modification derselben Einrichtung ist in Fig. 461 gegeben. Die Welle **Z** des Schwungrades **V** liegt hier nicht allein in derselben horizontalen Ebene mit den Achsen der Räder **D**, **E**, sondern sie läuft auch über dem Cylinder durch, weshalb die doppelte Zahnstange die Form eines Bügels hat. Uebrigens sind Einrichtung und Wirkung ganz dieselben.

Wenn die Dampfmaschine von kleinem Kaliber ist, läßt sich die Bewegung auf die eben beschriebene Weise sehr gut fortpflanzen. Wird die rotirende Bewegung abgeleitet von der abwechselnden Bewegung des Kolbens mittelst einer Kurbel, so muß, wie in Art. 249 und 250 ausführlich entwickelt worden, bei einem regelmäßigen Umgange der Betriebswelle die Bewegung des Kolbens beschleunigend beginnen und sich verzögernd endigen. Dieser Umstand ist für den sanften Uebergang der Bewegung von der einen nach der andern Richtung immer vortheilhaft. Diesen Vortheil aber hat man nicht, wenn die Bewegung auf die jetzt beschriebene Weise mitgetheilt wird. Wenn sich nämlich das Schwungrad regelmäßig umdreht, so muß auch die Kolbenbewegung regelmäßig seyn. Der Kolben muß deshalb auf einmal mit derselben Geschwindigkeit bewegt werden, mit welcher er in der Mitte seines Laufes fortschreitet, und diese Geschwindigkeit muß am Ende des Laufes auf einmal vernichtet werden ꝛc. Hierbei findet um so viel mehr Kraftverlust statt, um je größer das Kraftvermögen ist, welches die Maschine ausüben kann, und um desto nachtheiliger können die Zähne des Räderwerkes bei der Veränderung der Bewegungsrichtung Stöße erfahren. Obgleich nun eine solche Einrichtung an einer kleinen Dampfmaschine sehr gut bestehen oder hinsichtlich des Raumes vortheil-

Digitized by Google

haft seyn kann, so wird doch unter gleichen Umständen die Dauer des Maschinenwerkes geringer seyn, als in dem Falle, wo die Bewegung auf die gewöhnliche Weise mit einer Kurbelstange und einer Kurbel fortgepflanzt wird.

b) Edmund Cartwright hat im Jahr 1796 nachfolgende Einrichtung entworfen, um auf eine andere, obschon nicht bessere Weise, als die von James Watt angegebene, die Bewegung der Dampfkolbenstange vertikal zu erhalten und zugleich eine rotirende Bewegung abzuleiten. An das obere Ende **B** Fig. 462 der Dampfkolbenstange **AB** ist ein Querhaupt **CD** befestigt, dessen Enden durch die Kurbelstangen **CE** und **DF** mit zwei gleichgroßen Kurbeln **GE** und **HF** verbunden sind. Die Achsen dieser Kurbeln tragen zwei auf einander wirkende Zahnräder **I, K**, deren Durchmesser auf dem Theilkreise gleich ist der Entfernung der Mittelpunkte der Kurbelwarzen **C, D**. Eins dieser Räder z. B. das Rad **I** wirkt auf das kleinere Rad **L**, welches auf der Achse des Schwungrades **V** sitzt, und zwar, wenn diese Achse seitwärts von der vertikalen Richtung der Kolbenstange **AB** liegt. Aber wenn, wie in der Figur angegeben ist, die Achse oder Welle des Schwungrades gerade über der Mitte des Dampfcylinders liegt, so ist das Rad **I** um so viel breiter, als das Rad **K**, daß der breitere Theil auf das kleinere Rad **L** wirken kann, ohne daß die Zähne von **L** und von **K** mit einander in Berührung kommen. Auch kann für diesen Zweck auf die Achse der Kurbel **FH** ein zweites Zahnrad hinter dem Rade **I** aufgezogen seyn und auf **L** wirken ꝛc. Endlich sind die Felgen der Räder **I** und **K** in der verlängerten Richtung der Kurbeln mit schweren Gegengewichten **a, b** versehen, sowohl um die Schwere der Kurbeln, als diejenige der Kurbelstangen, der Dampfkolbenstange ꝛc. zu balanciren.

Digitized by Google

Man braucht die Zeichnung nur zu betrachten, um die Ueberzeugung zu gewinnen, daß durch die entgegengesetzte Bewegung der Räder I, K die Kurbeln GE, FH nicht allein einander entgegengesetzt sich drehen, sondern daß auch die Kurbelstangen CE, DF immer gleichviel oder gleichwenig von den Vertikallinien CG, DH abweichen müssen und daß auf diese Weise die Bewegung der Kolbenstange vertikal gerichtet bleiben muß, obgleich diese Bewegung niemals ganz frei von nachtheiligen Rucken seyn können wird. Man hat auch von Cartwright's Idee keine vielfache Anwendung gemacht.

c) Endlich muß hier noch die Konstruction von James White Fig. 463 erwähnt werden, die der Hauptsache nach schon früher beschrieben worden ist (Theil II. Abth. II. Art. 30 gegen das Ende und Art. 40 gegen das Ende, Fig. 267 und 307). Das Ende der Dampfkolbenstange AB liegt mit metallenen Lagern um eine runde Warze, die mit einer Art von Kurbel BC verbunden ist. Dieselbe ist an einer der Speichen des Zahnrads BC befestigt, so daß der Mittelpunkt dieser Warze übereinstimmt mit dem Theilkreise des genannten Rades, und dieser Theilkreis ist im Durchmesser halb so groß, als derjenige des gezahnten Ringes DE, durch welchen das Rad BC genöthigt wird, rund zu laufen. Dieses Rad BC dreht sich um einen Zapfen C (wie ein Kutschenrad um seine Achse), der in einer massiven Scheibe FF, oder auch in einer Kurbel fest sitzt, die auf das freie Ende der Welle des Schwungrads V aufgezogen ist. Der Ring ist befestigt an den schrägen Säulen DH und EI, welche hinter der Scheibe FF durch eine Querrippe GG vereinigt sind, auf welcher der Stuhl befestigt ist, der in metallenen Pfannen den einen Hals der Welle des Schwungrads trägt. Ein zweites Paar verbundener Säulen ist in einiger Entfer-

Digitized by Google

nung angebracht, um auf dieselbe Weise den zweiten Hals der Welle des Schwungrads zu tragen ꝛc. Wenn der Kolben auf- und niederght, muß der Punkt B in der vertikalen Richtung bleiben, das Rad BC wird genöthigt, auf dem innern Umfange des Rings DE zu laufen, und da dessen Mittelpunkt mit rotirt, so wird auch die Scheibe FF sammt ihrer Achse mit herumgeführt, so daß von dieser Achse andern Maschinen Bewegung mitgetheilt werden kann.

Was die Mittheilung der Bewegung anlangt, so gilt hier dieselbe Bemerkung, welche oben in Bezug auf die Konstruction von Fig. 460 und 461 gemacht worden ist, aber das Streben, die Theile zu verrücken und in Unordnung zu bringen, ist hier noch größer; denn die Warze B muß zuerst die ganze Kraft des Dampfs aushalten können und der Zapfen C (wegen der Gegenwirkung der Zähne von BC in den Zähnen des Rings DE) die doppelte Kraft. Zum Andern ragen diese Warze und dieser Zapfen so weit nach außen, daß das Streben, dieselben zu drehen und an den Enden zu verrücken, sehr groß ist, so daß die richtige Stellung der auf einander wirkenden Theile niemals von Dauer seyn kann, und dann findet die Fortpflanzung der Bewegung sehr ungleich mit viel Kraftverlust und mit einem stets zunehmenden Nachtheil für die Maschine statt. Wenn man diese übrigens vernünftig ausgesonnene Konstruction praktisch anwendet, so werden diese Nachtheile offenbar. Der Erfinder hat zur Vermeidung derselben vorgeschlagen, auch an der entgegengesetzten Seite des Cylinders eine zweite Achse mit entsprechendem Zahnrad und gezahntem Ring anzubringen, so daß dieselbe Warze B auch im Zahnrade befestigt wird, welches dem Rade BC genau gegenüber zu liegen kommt, und die Kraft, indem sie auf einen Theil wirkt, der auf jeder Seite gleiche Unterstützung findet, kein nach-

theiliges Streben, die Theile zu verrücken oder in Unordnung zu bringen, verursachen kann. Es unterliegt keinem Zweifel, daß bei einer höchst genauen Stellung der einander gegenüber liegenden Zahnringe, Räder und Achsen (eine Stellung, welche jedoch sehr schwierig zu erlangen ist) diese angegebene Verbesserung sehr zweckmäßig seyn müsse. Aber durch dieselbe wird auch die Complication so bedeutend, daß die Einrichtung keine Anempfehlung verdient, so wie man auch wirklich von dieser Erfindung keinen weitern Gebrauch gemacht hat.

§. II.

Ueber die Arten oder über die Mittel der Fortpflanzung der Bewegung des Dampfkolbens auf eine Welle, die außerhalb der verlängerten Richtung der Dampfkolbenstange liegt, jedoch immer mit dieser Richtung einen rechten Winkel bildet.

A. Wenn die Entfernung zwischen den Richtungen der Welle und der Dampfkolbenstange kurz ist.

260. Wie in der vorhergehenden Betrachtung, so liegt auch hier der Hauptzweck, der erreicht werden muß, in der Wahl solcher Mittel, durch welche die Bewegung nicht allein auf die bestimmte Entfernung fortgepflanzt wird, sondern bei welchen zugleich die Richtung der Bewegung der Kolbenstange soviel wie möglich geradlinig bleibt. Ist nun die Entfernung zwischen der Richtung der Kolbenstange und derjenigen der Betriebswelle gering (z. B. 1 bis $\frac{1}{2}$ Niederländische Ellen und weniger), so können meist alle Konstructionen oder Einrichtungen benutzt werden, die im vorigen Paragraphen beschrieben sind; denn wenn die Bewegung zuerst einer kurzen Welle mitgetheilt wird, welche über oder unter dem Cylin-

Digitized by Google

der in der verlängerten Richtung der Kolbenstange liegt, so kann die Bewegung von dieser kurzen Welle auf die Hauptwelle durch gewöhnliches Räderwerk fortgepflanzt werden, welches den Abstand der beiden Wellen so zu sagen ausfüllt. Dieses wird jedermann deutlich seyn; sollte man indessen noch Erläuterung wünschen, so kann dazu das einzige Beispiel der Einrichtung, welches in Fig. 464 dargestellt ist, benutzt werden.

Man berücksichtige hierbei jedoch (und diese Rücksichtnahme gelte auch für folgende Betrachtungen), daß das Räderwerk, oder jedes andere mechanische Mittel, nicht immer vorhanden ist, die Entfernung auszufüllen; denn da die Entfernung der Richtungen **AB** und **CD** sehr kurz ist, so wird man sehr selten behindert seyn, den Dampfcylinder gerade unter oder über die Betriebswelle **A** zu stellen und eine der früher beschriebenen Verfahrungsarten zu verfolgen. Aber der Zweck dieser nicht unmittelbaren Mittheilung der Bewegung kann z. B. sich nothwendig machen, um der Betriebswelle **A** eine mehr oder weniger geschwinde Bewegung mitzutheilen, als der Welle **C**, auf welche die Kraft unmittelbar wirkt; oder es kann in der Absicht liegen, zwei Wellen **C** und **A** zu treiben ꝛc. Muß die Betriebswelle tiefer liegen, als der Cylinder gesetzt werden kann, z. B. nahe am Boden, so kann man zwar die Bewegung auf die Weise unmittelbar mittheilen, daß man dem Cylinder eine horizontale Richtung zum Boden gibt; aber die Anwendung horizontaler Cylinder ist häufig nicht anzurathen, und wenn dann die Stellung des Cylinders vertikal seyn soll, so ist auch das bekannte Mittel, nämlich mit Balancier und Kurbelstange Bewegung mitzutheilen, eins der geeignetsten. Wenn man einen Entwurf macht, so ist der Abstand zwischen Cylinder und Betriebswelle gerade nicht immer bestimmt und

Digitized by Google

deßhalb eben so wenig das Fortpflanzungsmittel der Bewegung; aber viel eher bestimmt man vorher und nach den gegebenen Umständen die Art der Fortpflanzung der Bewegung und regulirt hiermit entsprechend den Abstand des Cylinders von der Betriebswelle ꝛc.

Auch kann als zweites Beispiel dienen, die Art, wie Cartwright bemüht gewesen ist, von der auf- und niedergehenden Bewegung des Dampfkolbens die umdrehende Bewegung einer Welle abzuleiten. Diese Welle **L** Fig. 462 kann eben so gut außerhalb der Richtung **A B** der Kolbenstange, als in derselben liegen, um in derselben Richtung Bewegung mitgetheilt zu erhalten vom Rade **I** oder **K** ꝛc. Man kann selbst diese dritte Welle **L** entbehren, wenn für den Zweck die Geschwindigkeit der Umdrehung der Wellen **I** oder **K** hinlänglich berücksichtigt wird, denn diese Wellen werden selbst umgedreht, und auf eine derselben kann das Schwungrad **V** aufgezogen werden. Eine Modifikation der von Cartwright angegebenen Construktion, welche dazu dient, die Bewegung gleichzeitig auf zwei rechtwinklig gerichtete Wellen fortzupflanzen, die von der Richtung der Dampfkolbenstange einen gewissen Abstand haben, sieht man in den Skizzen Fig. 465 No. 1 und 2, die einen theilweisen Aufriß und einen vollständigen Grundriß enthalten. Die Kolbenstange **A B** wird erstlich der Festigkeit der Bewegung halber in einem Auge oder Band **O** geleitet, welches an dem Balken befestigt ist, der die Stühle der Wellen der Kegelräder **C, D** trägt. Diese Wellen empfangen ihre Bewegung nach Cartwright's Angabe, wie aus der Figur deutlich erhellt. Die beiden Kegelräder **C, D** greifen in zwei andere Räder **E, F** ein, die auf eine der Wellen aufgezogen sind, auf welcher zugleich das Schwungrad **W** sitzt, und diese Welle wird folglich durch die Wellen der Räder **C, D** anhaltend in Umdrehung ver-

Digitized by Google

setzt, wie sie auch ihrerseits die Bewegung dieser beiden Wellen unterhält, in den Augenblicken, wo sich die beiden Kurbeln in den todten Punkten befinden. Denn fände dieser Umstand nicht statt, oder brauchte man nicht darauf Rücksicht zu nehmen, so würde das Aufziehen von zwei Rädern **E**, **F** auf dieselbe Welle sehr unzweckmäßig seyn. Die zweite der oben genannten Wellen ist die Welle **G** des Rades **C**, und von dieser Welle wird die Bewegung durch Räderwerk **HI** auf andere Maschinen oder Theile fortgepflanzt ꝛc.

Man hat Dampfmaschinen auf die so eben erklärte Weise eingerichtet, um ohne Balancier und Kurbelstange die Bewegung auf eine kurze Entfernung zwei Wellen mitzutheilen. Jedoch, um die Luftpumpe und die andere Pumpe in Thätigkeit zu setzen, auch um die Dampfhähne ꝛc. zu öffnen und zu schließen, war dann doch noch ein Hebel oder ein hölzerner Balancier mit dem einen Ende an das Ende **B** der verlängerten Kolbenstange **AB** gekuppelt und nach der Linie **OZ** Fig. 465 No. 2 gerichtet. Er ging natürlich mit dem Dampfkolben auf und nieder, stand in Verbindung mit den Stangen der verschiedenen Pumpen ꝛc. Daß eine solche Einrichtung gegenwärtig von wenigem Werthe seyn muß, bedarf keines Beweises.

B. Wenn der Abstand zwischen den Richtungen der Welle und der Kolbenstange nicht gering ist, oder viel größer angenommen wird, als in der vorhergehenden Voraussetzung.

261. In diesem Falle wird die Bewegung am zweckmäßigsten fortgepflanzt durch einen Balancier. Dieses Mittel ist bekannt und in der vorigen Abtheilung durch verschiedene Beispiele erläutert worden. Die Dampfkolbenstange muß auf das eine Ende des

Digitized by Google

Balanciers wirken; der Balancier selbst dreht sich um einen Zapfen, welcher in der Mitte, oder anderswo befestigt ist. Am andern Ende des Balanciers hängt eine Stange in einem Gewerbe und ferner an einer Warze, die am Ende einer Kurbel, und letztere an der Welle angebracht ist, welche umgedreht werden soll. Der Auf- und Niedergang des Kolbens muß deshalb die abwechselnde Bewegung des Balanciers und so ferner die Umdrehung der Welle zur Folge haben.

Obschon bei dieser Einrichtung auch Rücksicht genommen werden muß auf die Art, wie die Bewegung des Balanciers der Betriebswelle mitgetheilt wird, ferner auf die Form der Kurbelstange, die Verbindung derselben, die Wirkung, die Form und die Verbindung der Kurbel, oder solcher anderer Mittel, welche statt der Kurbel die Bewegung empfangen und fortpflanzen, so ist es von nicht geringerem, ja von größerem Belang, zu untersuchen, wie die Verbindung zwischen der Kolbenstange und dem Ende des Balanciers seyn kann und muß, damit sie während der Mittheilung der Bewegung in der Richtung der Achse des Dampfcylinders bleibe, oder mit andern Worten, in einer so viel wie möglich vertikalen Richtung, weil für den vorliegenden Fall der Cylinder nicht gut einen andern, als eine vertikalen Stand haben kann. Dieser Zweck kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Der Kürze halber folgen nun zuerst die Erörterungen dieser verschiedenen Mittel, und endlich soll über die eigentliche Fortpflanzung der Bewegung auf die Betriebswelle noch besonders gehandelt werden.

a. Wenn die Kolbenstange, so weit sie bei dem tiefsten Stande des Kolbens aus dem Cylinder tritt, in eine Zahnstange umgewandelt, oder mit einer Zahnstange verbunden ist, die auf einen gezahnten Bogen

Digitized by Google

Fig. 466 wirkt, der am Ende des Balanciers sitzt, — und wenn ferner die Bewegung an der hintern Seite durch eine Rolle r geleitet wird, — so ist diese Construktion eine der einfachsten, welche sich ganz natürlich dem Geiste darbieten. Sie ist mehrmals angewendet worden bei atmosphärischen Maschinen; und daß die Mittheilung der Bewegung wegen der geringen Reibung und wegen des unveränderlichen Hebelarmes mit wenig Kraftverlust stattfindet, unterliegt keinem Zweifel. Aber wenn die auf- und niedergehende Bewegung des Dampfkolbens mit einer bedeutenden Geschwindigkeit stattfindet (wie in Maschinen von doppelter Wirkung), so darf man nicht erwarten, daß die Zähne des Räderwerks ohne die geringsten Stöße in einander eingreifen, oder daß die Wirkung auf die Dauer immer gleich sanft seyn könne.

b. Bei den atmosphärischen Maschinen war der Kolben oder die Kolbenstange mit dem kreisförmigen Ende des Hebels durch eine Scharnierkette verbunden. Diese Verbindungsart war in aller Hinsicht gut, weil die Wirkung der Maschine allein dann stattfand, wenn der Kolben in Folge des Druckes der atmosphärischen Luft niederwärts bewegt wurde. Der Hebel wurde alsdann durch die Kette niedergezogen, und eine ungleiche Drehung der Scharniergelenke konnte kein Stoßen, keine nachtheilige Rückwirkung zur Folge haben. Es konnte sogar auf diese Weise die eigentliche Arbeit der Maschine (meistens im Wasserheben bestehend) eben so gut ihren Fortgang haben. Man hat auch später die Scharnierketten angewendet, um die Balanciers einfacher oder doppelt wirkender Maschinen auf- und nieder zu bewegen, um auf diese Weise die rotirende Bewegung mitzutheilen. Für diesen Zweck war an das Ende der Kolbenstange A B Fig. 467 No. 1 und 2 ein plattes Querstück B be-

festigt. Von diesem liefen zwei Scharnierketten a b über das Kreisstück des Balanciers C D, und diese Ketten waren am obern Ende bei b befestigt. Eine dritte Scharnierkette c d, an dem untern Ende c des Kreisstückes oder Sectors befestigt, lief zwischen den beiden ersten durch und war oben bei d an eine Stange d e a geschraubt, die an das platte Stück B fest geschweißt war und als eine Verlängerung der Kolbenstange betrachtet werden konnte. Oder statt dieser Stange hat man, größerer Dauer halber, vorgeschlagen einen eisernen Rahmen P Q Fig. 466 No. 3, welcher mit der Kolbenstange fest verbunden oder gekuppelt ist, und in dessen unterer Seite Q die beiden äußersten Ketten a b befestigt werden, während die mittelste Kette c d an die obere Seite P befestigt werden könnte. (Vergleiche auch Fig. 359 der II. Abth. des II. Theiles).

Diese Construktion ersetzt diejenige der Zahnstange und des gezahnten Bogens Fig. 466 sehr vortheilhaft, weil hier Stöße und Rucke weniger wahrscheinlich sind. Bei dieser Einrichtung wirkt auch die Kraft mit einem unveränderlichen, d. h. mit einem immer gleichmäßigen Hebelarm. Die Extension der Bewegung des Balanciers ist nicht beschränkt; sie kann eben so gut 30° als 20° über und unter der Horizontallinie betragen, während mit einem Parallelogramm diese gedachte Winkelbewegung 20° nicht viel überschreiten darf. Folglich kann die Bewegung selbst mit einem viel kürzern und leichtern Balancier als gewöhnlich fortgepflanzt werden. Von der andern Seite scheint es in der Praxis schwierig zu sein, die vollkommen gleiche Spannung der Ketten herstellen zu können, bei welcher der Uebergang von der aufsteigenden zur niedersteigenden Bewegung ohne Zuck oder Ruck stattfindet. Bei größeren Maschinen bedarf auch noch der Rahmen, in welchen die Ketten

Digitized by Google

gespannt sind, einige Leitung, um starke und nachtheilige Zuckungen zu vermeiden. Man kann sich ferner nicht darauf verlassen, daß die Kettenglieder fortdauernd mit der Sanftheit und ohne nachtheilige Vermehrung des Spielraumes sich um ihre Nägel drehen, wie es für den richtigen Gang der Bewegung erforderlich ist. Diese Gründe sind sicherlich überwiegend, um die Leitung der Kolbenstange lieber durch Parallelogramme oder andere Verbindungen drehbarer Stangen zu bewirken, weil man von diesen (obgleich sie nicht selten ein complicirtes Ganzes bilden und mehr Kraftverlust verursachen) versichert seyn kann, daß ihre Länge beinahe unveränderlich bleibt, und daß die Bewegung mit der so nöthigen Festigkeit und Sanftheit mitgetheilt werden kann.

c. Wie einfach die Art der Fortpflanzung der Bewegung durch eine Zahnstange und einen gezahnten Bogen Fig. 466 an sich auch seyn möge, so ist sie doch einer Modifikation fähig, wodurch sie mehr vereinfacht und auch zugleich für die Anwendung an kleinen Maschinen geeigneter wird. Die Kolbenstange **A B** Fig. 468 sey von solcher Länge, daß sie über dem Balancier durch ein festes Auge **O** geleitet werden kann. In der Mitte ist um dieselbe eine Büchse **b** festgekeilt, welche an jeder Seite die runden Zapfen **a** trägt (siehe auch die vordere Seite dieses Theiles Fig. 468 No. 2.). Diese Zapfen werden an jeder Seite der Stange von dem doppelten Gabelende **C** des Balanciers **C D** umfaßt, und diese Gabeln sind von innen mit Stahlfederstücken **c d** belegt, die mehr oder weniger angedrückt werden durch die Schrauben **s**, damit die Zapfen mit dem allerwenigsten Spielraume in den Gabeln schließen und auch die Genauigkeit dieses Schlusses immer hergestellt werden kann. Die möglichen Stöße, die bei der Anwendung einer Zahnstange entstehen können, sind hier nicht (wenig-

Digitized by Google

stens im geringen Maase) zu fürchten. Die Extension der Winkelbewegung des Balanciers ist hier eben so wenig beschränkt. Zwar macht die Stange jedesmal einen andern Winkel mit dem Arm des Balanciers und hat deshalb einen veränderlichen Widerstand der Reibung zu überwinden (denn der eigentliche Hebelarm, welches die senkrechte Entfernung vom Drehungspunkt **D** bis zur Stange **AB** ist, verändert sich nicht); weil aber die Stange mit dem Balancier in keiner festen Verbindung ist, so kann die Reibung des Zapfens des Balanciers (und diese ist doch die beträchtlichste) keine bedeutende Veränderung erfahren.

262. Die Bewegung der Kolbenstange wird auch auf eine feste Weise dem Balancier mitgetheilt, wenn man die Stange leitet, z. B. durch ein festes Auge **O** Fig. 469, und das Ende **B** mit dem Ende **D** des Balanciers **DE** durch Verbindungsstangen **BD** verbindet, welche sich um die Zapfen **B, D** drehen. Für diesen Zweck muß durch das Ende **D** des Balanciers ein Zapfen befestigt werden, und das Ende **B** der Kolbenstange muß gekuppelt seyn an ein Querhaupt, dessen Enden zu Zapfen abgedreht sind. Um die Zapfen **B, D** liegen an jeder Seite des Balanciers metallene Pfannen und ferner die Bänder **BD**, wie aus der Figur ersichtlich ist. Die Anbringung des festen Auges **O** ist manchmal schwierig und bringt mit sich, daß die Kolbenstange wenigstens zur Hälfte länger sey, als für den eigentlichen Kolbenlauf erfordert wird; auch verursacht dieselbe viele Reibung, ist einer baldigen Abnutzung unterworfen und sichert also nicht hinlänglich die vertikale Bewegung der Stange. Darum ist es besser, dieses Auge wegzulassen und die Bewegung der Stange mit Rollen oder Rädchen zwischen festen Pfeilern, oder einer feststehenden Leitung zu leiten. Für diesen Zweck denke man sich den Zapfen **B** verlängert, so daß an jeder Seite des Ba-

Digitized by Google

lanciers sich um denselben die Rädchen W Fig. 470 zwischen der Leitung X Y drehen können.

Diese letzte Einrichtung stimmt mit der in Art. 251 angegebenen überein (siehe Fig. 434), und auch andere, daselbst abgebildete Einrichtungen können hier gleichfalls angewendet werden.

Es ist nicht anders möglich, als daß bei einer genauen Ausführung der Theile die Einrichtung in Fig. 470 sehr zweckmäßig seyn müsse. Wenn man glaubt mit einem Scharnierparallelogramm bessere Resultate zu erlangen, so wird man sich sehr täuschen; denn die Reibungen sind hier sicherlich nicht stärker, und die Richtung der Bewegung der Kolbenstange kann im Ganzen nicht von der Vertikallinie abweichen, während ein anderer Vortheil darin besteht, daß die Extension der Winkelbewegung des Balanciers weniger bestimmt ist, als bei der Anwendung des Parallelogramms. Aber um von dieser Einrichtung Gebrauch zu machen, müssen die Leitungen X Y und die Theile, auf welchen oder an welchen sie unverrückbar befestigt werden, ohne Hinderniß oder Beschwerde und ohne umständliche Zusammensetzungen nöthig zu machen, angebracht werden können. Bei großen Maschinen werden diese Apparate schwer und kostbar seyn, und dann durch die compendiösere Einrichtung der Scharniereparallelogramme sehr vortheilhaft ersetzt.

Wenn der Balancier unter dem Cylinder oder tiefer als derselbe liegt, so kann dieselbe Einrichtung benutzt werden, wenn dann (auf dieselbe Weise wie in Maudsley's Maschine) die Enden der Zapfen des Querhauptes der Kolbenstange mit dem Zapfen im Ende D des Balanciers D E durch lange niedersteigende Stangen verbunden werden. Ist der Kolbenlauf kurz, und liegt der Balancier viel tiefer als der Cylinder, so kann eine besondere Leitung der Kolben-

Digitized by Google

stange auch nachgelassen werden; — die Einrichtung der kleinen in Fig. 79 Taf. VIII. abgebildeten Dampfmaschine kann hierzu als Beispiel dienen. Eben so kann die Einrichtung der Maschine Fig. 80 als Beispiel angeführt werden, obschon sie eher unter diejenige Kategorie gehört, welche oben in Art. 262 erörtert worden ist, weil der Abstand zwischen den Richtungen der Betriebswelle und der Dampfkolbenstange gering ist.

Es möge **AO** Fig. 471 den Arm des Balanciers darstellen, dessen Ende **A** verbunden ist mit dem Ende der Dampfkolbenstange, und es sey **BAC** der Bogen durch das Ende **A** beschrieben. Die Richtung der Bewegung der Kolbenstange **DS** kann eine Tangente dieses Bogens seyn (Fig. 472), — oder sie kann übereinstimmen mit der Richtung der Chorde **BC**, welche die Enden **B** und **C** des Bogens **CAD** vereinigt, — oder sie kann liegen zwischen den Richtungen der Tangente und der Chorde, oder endlich ganz außerhalb des Kreises fallen. Aus Gründen, die früher erläutert worden sind, muß man sich eher für den zweiten und dritten, als für den ersten und vierten dieser gedachten Fälle erklären.

Wenn die Richtung der Bewegung der Kolbenstange übereinstimmt mit der Chorde **BC** Fig. 471, so ist damit der Vortheil verbunden, daß die Verbindungsstange **BE** oder **AC**, oder **CD** vertikal gerichtet ist, sobald sich der Balancier in den beiden äußersten Ständen **BO** und **CO** befindet; und die Kraft wird dann mit weniger Torsion und Reibung den Balancier auf- und nieder zu ziehen beginnen, als in dem Falle, wo die Richtung der Kolbenstange die Tangente des beschriebenen Bogens Fig. 472 bildet und die Richtung der Verbindungsstange (**BA** oder **CF**) in den äußersten Ständen von der Richtung der Kolbenstange abweicht.

Digitized by Google

Je länger die Verbindungsſtangen oder Bänder ausfallen können, um ſo leichter und ſanfter wird die Bewegung des Dampfkolbens auf den Balancier fortgepflanzt werden. Der Vergleichung halber wird hier angenommen, daß die Länge der halben Chorde BC oder ungefähr dem halben Kolbenlaufe gleich ſey.

Der Hebelarm, mit welchem die Kolbenſtange auf den Balancier wirkt, iſt immer unveränderlich und gleicht der ſenkrechten Linie OE Fig. 471, welche aus dem Drehungspunkt O auf die Richtung SDB der Kolbenſtange gezogen iſt. Die Länge dieſes Armes hängt deshalb ab von der Extenſion der Bogen AB und AC. Angenommen, daß dieſe Extenſion nicht über 20° beträgt und daß die Länge AO des Armes des Balanciers = a iſt, ſo iſt die Länge des Hebelarmes OE = 0,94 . a (= ungefähr $7\frac{1}{2}$ a). Die Länge der halben Chorde BE, oder CE iſt in derſelben Vorausſetzung = 0,342 . a (= reichlich $\frac{1}{3}$ a). Obſchon man an Länge des Hebelarms gewinnt, wenn die Richtung der Stange die Tangente des Bogens CAB Fig. 472 bildet, ſo iſt dieſes doch im Ganzen gering und eigentlich gar nicht in Anſchlag zu bringen, wenn man zugleich auch auf die Geſchwindigkeit der Bewegung Rückſicht nimmt; es kann übrigens der Balancier AO Figur 471 länger genommen werden, um einen längern Hebelarm OE zu bekommen.

In den höchſten und tiefſten Ständen des Balanciers ſind die ſpitzen Winkel OBE, ECO, welche die Richtungen des Balanciers und der Kolbenſtange mit einander bilden, die kleinſten. Die Folge dieſer ſchrägen Richtung iſt eine Vermehrung der Reibung an den Zapfen O, um welche ſich der Ba-

lancier dreht. Man kann dieselbe auf folgende Weise bestimmen:

Es sey die Länge aC dem Dampfdrucke P, welcher auf den Dampfkolben wirkt, proportional. Man zerlege diesen Druck in zwei andere Drucke bC und Cd, von denen der erste bC nach dem Drehungspunkte O und der zweite senkrecht auf diese Richtung CO gerichtet ist. Aus den ähnlichen Dreiecken baC und ECO erhält man

$$CO : EC = aC : bC$$
$$a : 0{,}342 \cdot a = P : x$$

Deshalb ist der Druck bC in der Richtung der Länge des Balanciers $= 0{,}342 \cdot P$ oder reichlich $\frac{1}{3}$ P. Diesen Druck übt der Zapfen des Balanciers gegen seine Lager oder Pfannen aus, und setzt man die aus diesem Druck entstehende Reibung $= \frac{1}{8}$, so wird sie $\frac{1}{24}$ P am Umfange des Zapfens. Diese stärkere Reibung tritt jedoch nur dann ein, wenn der Balancier sich in seinen äußersten Ständen befindet, und sie ist alsdann weniger schädlich, weil in diesen Punkten die Geschwindigkeit der Bewegung die geringste ist. Und berechnet man aus den veränderlichen Widerständen der Reibung einen mittlern Widerstand, so kann man ohne merklichen Irrthum annehmen, daß die Vermehrung der Reibung des Balancierzapfens, welche aus der veränderlichen schrägen Wirkung der Kolbenstange entspringt, $= \frac{1}{32}$ bis $\frac{1}{40}$ der nützlichen Kraft des Dampfes ist. Die Kraft, welche erforderlich ist, um diese Reibung zu überwinden, muß natürlich viel geringer seyn, und zwar um so viel weniger als $\frac{1}{32}$ P oder $\frac{1}{40}$ P, um wie viel die halbe Dicke des genannten Zapfens kleiner ist als der Hebelarm OE.

Für den Fall, daß die Richtung der Kolbenstange eine Tangente des Bogens CAB Fig. 472 ist, erleidet diese Bestimmung keine Veränderung, da

auch das Dreieck aGb in Fig. 472 dem Dreieck CEO, wie in Fig. 471, ähnlich ist.

Während die Stange mit dem Balancier auf- und niedergeht, dreht sich die Verbindungsstange um ihre Zapfen A und C langsam hin und her; diese Bewegung hat eine Reibung zur Folge, welche durch die bewegende Kraft überwunden werden muß. Um die Quantität dieser Reibung approximativ zu schätzen, kann man auf folgende Weise raisonniren:

Wenn der Winkel AOB 20° beträgt, so muß ECO = 70° und OCD = 110° seyn, und dieses ist der Winkel, den die Richtung der Kolbenstange mit dem Balancier im tiefsten Stande bildet. Im höchsten Stande ist dieser Winkel OBE = 70°. Und von 110° 70° abgezogen gibt 40° für die Winkelbewegung der Verbindungsstange um den Zapfen A, welcher im Ende des Balanciers sitzt. Ferner bildet die Verbindungsstange im tiefsten Stande keinen Winkel mit der Richtung der Kolbenstange; im mittlern Stande AO ist dieser Winkel = ACE = 90° — CAC = 90° — 80° = 10°, und von da nimmt derselbe wieder ab bis zum höchsten Stande OB des Balanciers. Die Verbindungsstange AC dreht sich deshalb um den Zapfen, welcher am Ende der Kolbenstange sitzt, in einer Extension von 10° rechts und 10° links; und dieses kommt gleich einer Winkelbewegung von 20° in einer und derselben Richtung. Da nun die Zapfen bei A und bei C denselben Durchmesser haben, so können die gefundenen Winkelbewegungen von 40° und von 20° zusammencomponirt werden, und man kann annehmen, daß, während die Kolbenstange einmal auf- oder niedergeht, die Reibungen der metallenen Pfannen der Verbindungsstange gleich sind einer einfachen Reibung am Zapfen des Zapfens A oder C in einer Extension von 60° oder $\frac{1}{6}$ des Umfanges. Der Radius dieses

Zapfens sey = r, so ist $\frac{1}{8}$ des Umfangs = 1,047 r. Der Druck auf den Zapfen differirt wenig von demjenigen der ganzen nützlichen Dampfkraft, und nimmt man diese = P an, so kann man die Reibung = $\frac{1}{8}$ P setzen. Ist nun die Kraft, welche diese Reibung zu überwinden strebt, in der Richtung CB = x, so steht diese Kraft zu dem Widerstande $\frac{1}{8}$ P in demselben Verhältnisse, wie der Raum 1,047 . r, durch welchen der Widerstand so zu sagen geführt werden muß, zu dem Raume CB, oder 2 BE oder 0,684 . a, welchen die Kraft in derselben Zeit durchläuft. Hieraus findet man:

$$x = 0{,}1913 \cdot P \cdot \frac{r}{a}.$$

Und nimmt man bei Durchschnittsberechnungen an, daß die halbe Dicke r der Zapfen gleich ist $\frac{1}{64}$ der Länge a, so wird

$$x = 0{,}003\ P.$$

Da diese Kraft also noch nicht $\frac{1}{300}$ der nützlichen Kraft des Dampfs beträgt, so ist auch der erwähnte Widerstand der Reibung unbedeutend. Gleichwohl kann dieselbe durch ein Anklemmen der metallenen Lager um die Zapfen, wenn diese stärker, als nöthig ist, größer werden, als so eben angegeben ist und wohl bis $\frac{1}{75}$ der genannten Kraft betragen. Daß dieses manchmal der Fall sey, läßt sich abnehmen aus der sehr ungleichen und rohen Abnutzung dieser metallenen Lager, nachdem sie einige Zeit gedient haben. Alles hängt deshalb von der genauen Verfertigung und Stellung der Theile ab, ohne welche Voraussetzung die Resultate der Berechnungen selten benutzt werden können. Dieselbe Berechnung gilt auch für den Fall, daß die Richtung der Kolbenstange eine Tangente des Bogens CAB Fig. 472 bildet,

aber die Extension der Winkelbewegungen der Verbindungsstange ist hier etwas größer.

263. Es ist gebräuchlicher und für Maschinen von mittlerem und großem Kaliber auch besser, die vertikale Bewegung der Kolbenstange durch einander entgegengesetzte Lenkstangen zu leiten, und für diesen Zweck kommen zuerst in Betrachtung die Einrichtungen Fig. 442 bis 450, über welche in den Artikeln 254 bis 257 ausführlich gehandelt worden ist. Es sey **OB** Fig. 473, Nr. 1 die Hälfte eines Balanciers, durch dessen Ende **B** ein Zapfen gesteckt ist, um zwei Verbindungsstangen **BC** (nämlich an jeder Seite mit einer) mit zwei Lenkstangen **AC**, welche sich bei **A** um feste Zapfen drehen, verbinden zu können. Die Lenkstangen sind auf irgend eine Weise an einer Mauer, an einem Balken ꝛc. befestigt. Ein Zapfen **E** verbindet die Verbindungsstangen **BC** irgendwo zwischen den Drehungspunkten **B** und **C**; an der Mitte dieses Zapfens hängt die Dampfkolbenstange **EG**, und wenn nun der Ort des Punkts **E** übereinstimmend mit der Länge der Arme **AC** und **OB** gehörig bestimmt wird und wenn ferner die Bogen, welche durch den kürzesten der beiden Arme **AC**, **BO** beschrieben werden, keine größere Extension über und unter den horizontalen Richtungen als 20° oder weniger haben, so wird die Bewegung der Kolbenstange sehr wenig von der vertikalen Richtung abweichen.

Wenn die Länge der Lenkstange **AC** gerade gleich ist der Länge des halben Balanciers **OB**, so muß der Zapfen **E**, welches der Verbindungspunkt der Dampfkolbenstange ist, in der Mitte der Verbindungsstangen **BC** liegen. Bei einer ungleichen Länge von **AC** und **BO** wird der Ort des Zapfens **E** dadurch bestimmt, daß man die Grundsätze in Anwendung bringt, welche im Art. 255 entwickelt worden sind.

Digitized by Google

Denn alles, was früher über die Einrichtung und Dimension dieser Zusammensetzung gesagt worden ist, wird hier ganz anwendbar seyn, da der halbe Balancier **BO** eigentlich betrachtet werden muß als eine zweite Lenkstange. Die Fig. 473, Nr. 2 ist ein Grundriß der Lenkstangen **AC**. Damit die Drehungspunkte **C** in dieselbe gerade Linie zu liegen kommen und damit sich die zwei Lenkstangen **AC** fest und parallel bewegen, liegen die Augen **C** der Lenkstangen und der beiden Verbindungsstangen um denselben Zapfen **CC**, welcher durch das Auge **oo** der Kolbenstange läuft, um durch diese beim Drehen oder Bewegen nicht behindert zu werden.

Diese Einrichtung entspricht dem Zwecke vollkommen, und wenn man das gewöhnliche Scharnierparallelogramm mannichfaltiger angewendet sieht, so sind die compendiösere Einrichtung desselben, — bessere Gelegenheit, die Stützpunkte der Lenkstangen anzubringen — und auch der Zweck, mit dieser Zusammensetzung die Stange des Luftpumpenkolbens vertikal zu bewegen, — die einzigen überwiegenden Gründe dieser Anwendung. Denn der Effect, den man mit dem Parallelogramm erlangt, ist ganz derselbe, den die beschriebene Zusammensetzung gewährt, wie sich denn auch aus den nachfolgenden Gründen ergeben wird, daß aus letzterer die Einrichtung des Scharnierparallelogramms abgeleitet wird.

In der Meßkunst wird bewiesen, daß, wenn **BCFE** Fig. 474 ein Parallelogramm ist, welches in den vier Winkelpunkten drehbar ist und an den verlängerten Seiten **BC** und **CF** zwei Punkte **A** und **D** hat, die mit dem Winkelpunkte **E** in derselben geraden Linie liegen, alsdann erstens diese Punkte **A**, **E** und **D** immer in derselben geraden Linie bleiben müssen, während die

Digitized by Google

ganze Zusammensetzung um den Punkt A, wie um einen festen Drehungspunkt, bewegt wird; und zweitens muß die Figur oder Richtung, welche durch den Punkt E oder D beschrieben wird, auf dieselbe Weise, jedoch in einem andern Maase, (vergrößert oder verkleinert) durch den Punkt D oder E beschrieben werden. Wenn also in den Punkt E ein Stift gesteckt ist und man diesen (während der Bewegung der ganzen Zusammensetzung von Linien oder Linealen) längs der krummlinigen Figur a b c d e fortbewegt, so wird ein anderer Stift, welcher im Punkte D befestigt ist, gleichfalls eine krummlinige Figur a' b' c' d' e' zeichnen, die der Figur a b c d e vollkommen ähnlich seyn muß. Das Verhältniß zwischen den entsprechenden Theilen der Figuren a b c d e und a' b' c' d' e' wird ganz dasselbe seyn, wie das Verhältniß zwischen den Linien AB und AC, oder AE und AD. Wenn dann AB die Hälfte von AC ist, so wird auch AE die Hälfte von AD seyn, und eben so werden die Dimensionen der Figur a b c d e die Hälfte der Dimensionen der Figur a' b' c' d' e' betragen. Wenn endlich der Punkt E keine krummlinige, sondern eine geradlinige Bewegung verfolgt, so muß auch der Punkt D eine gerade Linie beschreiben, die um so viel länger, als die Linie, welche der Punkt E verfolgt hat, seyn muß, um wieviel AC länger ist, als AB, oder um wieviel AD länger ist, als AE.

Eine bekannte Anwendung dieser schönen Eigenschaft der geometrischen Figuren hat man in dem Instrumente, welches unter dem Namen Storchschnabel oder Pantograph bekannt ist und von Zeichnern manchmal angewendet wird. Eine nützlichere Anwendung dieser Eigenschaft auf die Zusammensetzung des Scharnierparallelogramms verdanken wir jedoch Hrn.

Digitized by Google

James Watt. Und daß diese Zusammensetzung aus obiger Eigenschaft unmittelbar abgeleitet werden kann, ist leicht zu beweisen. Denn die Verbindung des Punkts E mit dem Punkte F ist unnöthig, wenn das Parallelogramm CBEF ersetzt wird durch ein anderes CBGD Fig. 475, welches entsteht aus der Verlängerung von BE und dadurch, daß man DG mit BC parallel zieht. Und wenn man dann nur bewirken kann, daß der Punkt E eine gerade Linie (oder beinahe eine gerade Linie) beschreibt, während AC sich um den Punkt A dreht, so wird auch der Winkel D des Parallelogramms CBGD eine gerade Linie (oder ziemlich eine gerade Linie) beschreiben. Dieses wird nun erlangt, indem man den hintern Winkel G des Parallelogramms Fig. 476 CBGD mit dem Ende einer Lenkstange HG verbindet, welche in H einen festen Drehungspunkt hat; denn betrachtet man die Theile HG und BA der Zusammensetzung als zwei Lenkstangen, die sich um die festen Punkte A, H drehen und BG als eine Verbindungsstange, so wird der Punkt E (wenn er den Längen von AB und HG entsprechend bestimmt ist) ziemlich genau eine gerade Linie beschreiben, so lange die Winkelbewegung von AC bis auf 18° oder 20° über und unter der Horizontallinie beschränkt bleibt.

Stellt man sich vor, daß AC der halbe Balancier einer gewöhnlichen Dampfmaschine sey und daß die Linien CD, DG ꝛc. eben so viele Stangen seyen, welche sich an jeder Seite des Balanciers um Zapfen drehen, so ist durch Obiges aufs Vollkommenste bewiesen, daß die Zusammensetzung von Linien Fig. 476 gleichsam die Skizze der Zusammensetzung des gewöhnlichen Scharnierparallelogramms ist und daß deshalb diese letzte Zusammenstellung nur eine Folge der in diesem Artikel erst angedeuteten

Digitized by Google

(Fig. 473) ist, welche durch die erwähnte geometrische Eigenschaft modificirt wird.

264. Theorie des Scharnierparallelogramms. Die gewöhnliche Zusammensetzung des Scharnierparallelogramms ist bereits zu Anfang der II. Abtheilung beschrieben und durch die Figuren 43, Nr. 1 bis 6 erläutert. An diese Zusammensetzung wird jetzt ganz besonders erinnert, um zu versinnlichen, daß die Dampfkolbenstange ziemlich genau in einer vertikalen Richtung sich auf- und niederbewegen müsse, wenn man dieselbe an die Mitte des unteren Vorderzapfens **D** anschließt. Eben so wird eine Stange an der Mitte eines Zapfens, der durch die Punkte **E** läuft, ziemlich genau geradlinig bewegt werden (und zwar mit einer geringern absoluten Abweichung, als die Dampfkolbenstange). Und weil die vertikale Bewegung der Stange des Luftpumpenkolbens (wenn eine solche vorhanden ist) von großem Belang ist, so ergibt sich auch nun deutlich, warum die genannte Stange bei **E** (nicht bei **G**) angefügt wird, oder vielmehr, warum man sich auch des Parallelogramms bedient, um den Luftpumpenkolben vertikal zu bewegen. Ist keine Luftpumpe vorhanden, so kann die Stange der Kaltwasserpumpe bei **E** angeschlossen werden. Aber diese Stange kann auch auf dieselbe Weise in einer vertikalen Richtung auf- und niedergehen, wenn die Pumpe an die andere Seite des Mittelpunkts **A** gebracht worden ist. Dazu ist kein ganzes Parallelogramm nöthig; nur zwei Lenkstangen (an jeder Seite des Balanciers eine) **L M** Fig. 477 und zwei Verbindungsstangen **K L** sind schon ausreichend, und die genannte Stange wird dann um die Mitte eines Zapfens befestigt, welcher sich in den Augen **I** der Verbindungsstange dreht. Der Ort dieser Augen wird vorher gehörig bestimmt.

Digitized by Google

Aus der erklärten Konstruction von Fig. 474 ergibt sich, daß die Verbindungspunkte **D** und **E** Fig. 476 immer liegen müssen in einer geraden Linie **DEA**, welche durch den Drehungspunkt **A** läuft. Aus derselben Konstruction kann man auch darthun, daß nicht allein der Punkt **D**, sondern auch alle andern Punkte der Linie **AD** dieselbe Eigenschaft theilen müssen, nämlich, daß sie ziemlich genau gerade Linien beschreiben, wenn die Richtung der Bewegung des Punkts **E** beinahe geradlinig ist. Hieraus ergibt sich deshalb, daß es sehr leicht ist, auch andern, als den oben genannten vorhandenen Stangen eine geradlinige Richtung der Bewegung zu geben.

Soll z. B. die Kolbenstange der Heißwasserpumpe verbunden werden bei **N** Fig. 478 und zwar dergestalt, daß ihre Bewegung mit der geringsten Abweichung von der vertikalen Richtung stattfindet, so muß, — wenn man **NP** parallel **BG** und **EP** parallel **AB** zieht, — **BNPE** die Figur eines zweiten Parallelogrammes seyn, welches sich gleichzeitig mit dem ersten **CBGD** dreht und in den Verbindungsstangen **NP** den Punkt **O** (den Schneidungspunkt von **AD** und **NP**) zum Verbindungspunkt entweder der Kolbenstange der Heißwasserpumpe oder des Zapfens hat, an welchen diese Stange geschlossen werden soll, oder um welche sich das obere Auge derselben drehen soll. Man bemerke hierbei, daß statt der Stangen **NP** und **PE**, die das Parallelogramm **BNPE** bilden, auch zwei andere, z. B. **NPQ** und **DGQ** genommen werden können, oder auch **Na** und **ab** ꝛc.

Wenn die Verbindungsstange **BG** Fig. 476 in der halben Länge des Arms **AC** des Balanciers angeschlossen wird, und wenn der Ort des Punkts **E** in der halben Länge der Verbindungsstangen **BG** bestimmt wird, so muß auch die Länge der Lenkstangen

Digitized by Google

GH gleich seyn der halben Länge von AC, d. i. gleich AB oder BC. Die festen Drehungspunkte H der Lenkstangen kommen dann mit den untern Zapfen D des Parallelogramms in dieselbe vertikale Ebene, und wenn der Balancier eine horizontale Richtung besitzt, so hat es den Anschein, daß die Lenkstangen HG von den Stangen DG nicht differiren, wie auch die Drehungspunkte H wirklich in der Verlängerung des Zapfens D liegen (vergl. Fig. 29, Taf. III.).

Diese Dimension der Theile ist die allgemeinste, welche man im voraus feststellt, sobald keine örtlichen Umstände oder andere Zwecke eine Abweichung gebieten. Sie ist auch in der Praxis die einfachste und für die Konstruction die leichteste; zugleich kann man sich auch darauf verlassen, daß die Bewegung der Punkte E und D der geradlinigen Bewegung am nächsten kommt. Daß übrigens die Abweichung von der vertikalen oder geraden Linie eine kleinste seyn müsse, wenn die Länge der Lenkstange HG gleich ist AB, ist schon ausführlich in den Artikeln 255 und 256 erwähnt und dargethan. Meistens bestimmt man auch die Länge des Balanciers und die Stellung der Lenkstangen, wie auch der Stangen des Parallelogramms so, daß die Dampfkolbenstange in der Richtung der Chorde HC bewegt wird, welche die Enden des Bogens HDC, den der Mittelpunkt C des obern Zapfens beschreibt, vereinigt; alsdann müssen die Verbindungsstangen CD und BG in den höchsten und tiefsten Ständen des Balanciers eine vertikale Richtung haben. Was die Länge dieser Verbindungsstangen anlangt, so ist dieselbe in gewisser Hinsicht unbestimmt; je größer dieselbe ist, desto richtiger wird die Bewegung der Dampfkolbenstange stattfinden (Art. 255), aber eine große Länge verursacht wiederum die Unbequemlichkeit eines sehr hohen Standes des Balanciers, eine Erschwerung der Kurbelstange ꝛc.

Digitized by Google

Aus diesen Gründen kann man sich auf die Bestimmung verlassen, daß die Verbindungsstangen des Parallelogramms eine Länge haben müssen, die der halben Länge des Kolbenlaufs gleich ist.

Aus dieser Bestimmung kann man auch unmittelbar ableiten, welches die geringste Länge sey, die die Arme des Balanciers haben müssen; denn im Art. 262 ist angezeigt, daß **CD** ungefähr $\frac{1}{3}$ von **AB** betragen darf, wenn der Winkel **CAD** 20° nicht überschreitet. Deshalb muß die Länge von **AB** nicht kleiner seyn, als die dreifache Länge des halben Kolbenlaufs, oder die anderthalbmalige Länge des ganzen Kolbenlaufs, so daß die dreifache Länge des Kolbenlaufs der totalen Länge des Balanciers, vom Mittelpunkte des obern vordern Zapfens **C** des Parallelogramms bis zum Mittelpunkte des Zapfens der Kurbelstange gerechnet, gleich ist. Diese Länge größer zu nehmen, ist jederzeit gut, aber eine viel größere Länge als $3\frac{1}{2}$ Mal die Länge des Kolbenlaufs gibt keine um so genauere Wirkung, daß man diese Erschwerung der Theile, welche bei dieser größern Länge sich nothwendig macht, übersehen könnte.

265. Bei den angegebenen Dimensionen der Theile des Parallelogramms müssen die festen Zapfen oder Drehungspunkte **H** Fig. 476 der Lenkstangen in der Richtung **DH** befestigt werden, welches die Ebene der Bewegung der Kolbenstange ist. Manchmal zieht man es vor, diese festen Drehungspunkte vor die vertikale Ebene **CDH** zu bringen, entweder um einigen Raum in der Breite zu gewinnen, — oder weil die örtliche Gelegenheit eine solche weitere Anbringung der festen Drehungspunkte **H** besser zuläßt, — oder weil alsdann die Enden **H** der Lenkstangen sich um dieselbe horizontale Stange oder

Digitized by Google

Zapfen drehen können und man dabei sicher ist, daß sie vollkommen in derselben geraden Linie liegen müssen. Wird nun die Verbindungsstange **BG** in der halben Länge des Armes **AC** festgeschlossen, so wird die Lenkstange **HG** länger, als der Theil **AB** des Armes des Balanciers, und nun muß auch der Verbindungspunkt **E** eine andere Stellung bekommen.

Es sey z. B. **AC** Fig. 479 der halbe Arm des Balanciers und **IK** eine vertikale Richtung, in welche die festen Drehungspunkte der Lenkstangen gebracht werden müssen. Hat man nun gegeben, oder als gegeben angenommen die vertikale Entfernung von der Lenkstange bis zum Balancier, — oder nimmt man mit andern Worten in der vertikalen Richtung **IK** den Punkt **H** als Ort des festen Drehungspunktes der Lenkstangen an, — so kann man nach den Grundsätzen der Construction, die im Art. 256 vorgetragen sind, die Länge **BG** der Verbindungsstange, also die absolute Länge **HG** der Lenkstange und den Ort des Punktes **E** finden, welcher bei der Bewegung des Balanciers ziemlich genau in der vertikalen Richtung bleiben wird. Dieser Punkt **E** wird deshalb die Achse des Zapfens seyn, an dessen Mitte die Luftpumpenstange (wenn eine Luftpumpe vorhanden ist) angefügt werden kann. Zieht man nun **CD** parallel zu **BG** und aus **A** durch **E** die gerade Linie **AEP**, welche **CD** in **P** schneidet, so ist **P** der Punkt, welcher mit der Achse des Zapfens übereinstimmt, an welchen die Dampfkolbenstange geschlossen werden muß. Dieser Punkt **P** fällt tiefer, als die Punkte **D**, mit denen die hintern Winkel **G** verbunden werden müssen, um das Scharnierparallelogramm zu bilden, und außer einem Zapfen bei **P** wird dann noch einer bei **D** erforderlich seyn. Jedoch kann man auch die Verbindungsstange **BG** bis **a** verlängern, so daß **Ba = CP** wird, und verbindet man dann

Digitized by Google

die Punkte P und a mit einander, so wird PCBa das Parallelogramm.

Wenn man für die Verbindungsstange BG Fig. 476 eine bestimmte Lage annimmt, und daß AB immer = BC sey, so muß der Verbindungspunkt E, — der beinahe einen rechten Winkel beschreiben wird, — gerade auf die Hälfte von BC gebracht werden. Soll dieser Punkt nun der Verbindungspunkt des Zapfens für eine Stange seyn (z. B. für die Kolbenstange der Luftpumpe), so kann es sich zutragen, daß er zu dicht an den massiven Theilen des Balanciers liegt, als daß der genannte Zapfen noch unter den Balancier angebracht werden könnte. Zwar kann man alsdann, ohne den Balancier zu schwächen, eine Aushöhlung in dem untern Rand anbringen, damit der Zapfen E Durchgang finde (wie z. B. in Fig. 495); aber besser ist es häufig, den Zapfen E soviel tiefer anzubringen, daß die erwähnte Aushöhlung nicht nöthig wird. Aber die Lenkstangen GH müssen alsdann auch länger werden, als AB, und zur Bestimmung derselben kann die so eben erwähnte Construction Fig. 479 benutzt werden. Ist man hinsichtlich der Länge der Verbindungsstange PG weniger beschränkt, so wird diese Construction unnöthig, weil dieselbe dem Doppelten von BE gleich gemacht werden kann, so daß die Lenkstangen ihre ursprüngliche Länge behalten.

Ist man nicht beschränkt, den Ort des festen Drehungspunktes H genau in eine gegebene Richtung zu bringen, so kann die Erfüllung der Hauptbedingung der geradlinigen Bewegungen der Kolbenstangen auch noch auf folgende Weise erreicht werden:

Es sey AC Fig. 480 die Länge des halben Balanciers; AB = BC; es werde vorausgesetzt, daß der Zapfen, an welchen die Kolbenstange der Luftpumpe befestigt werden soll, irgend wohin auf die

Linie ab komme, damit er unter dem untern Rande des Balanciers freien Durchgang finde; es werde noch ferner bestimmt, daß die festen Drehungspunkte der Lenkstangen irgendwo in der horizontalen Rich- xy angebracht werden sollen. Man beschreibe aus A mit AB, als Radius, den Bogen cBd; man nehme den Bogen Bc = 20°, oder um soviel geringer, als man festgesetzt hat; man ziehe aus c die Linie cd senkrecht durch die horizontale Richtung CA des Balanciers, so wird diese Linie cd der Weg seyn, den der Verbindungspunkt der genannten Kolben- stange beschreiben muß, und der Punkt E, wo sie die Richtung ab schneidet, wird selbst der Ort des Ver- bindungspunktes seyn. Folglich wird BEG die Richtung der Verbindungsstange und BG ihre Länge seyn. Man ziehe ferner CD parallel mit BG und alsdann durch A und E die Linie AE, welche CD in P schneidet, so ist P der Ort für die Anfügung der Dampfkolbenstange. Um nun den Ort für den Drehungspunkt der Lenkstangen zu bestimmen, nehme man auf die horizontale Richtung cd, cf = BG und auch dg = BG; man ziehe fG oder gG und fälle auf die Mitte dieser Linien eine senkrechte Linie, welche xy im Punkte H schneiden wird, der noch gefunden werden muß.

Wenn man diese Constructionen (und die noch anzugebenden) genau ausführt, so kann man sich auch des guten Erfolges eben so versichert halten, als wenn man den Weg der Berechnung (welcher schwierig und lang ist) eingeschlagen hätte. Jedoch muß auf das Nachdrücklichste anbefohlen werden, daß man nach keinem kleinen Maasstabe zeichne und daß man sich auf mehr als eine Weise von der Richtigkeit der Construction überzeuge, bevor man die gefundenen Ergebnisse oder Maase in Anwendung bringt.

Digitized by Google

Ist es gleichgültig, auf welchem Theile der Länge des Balanciers Fig. 479 die Hinterstangen **BG** des Parallelogrammes befestigt werden, während gleichwohl die Drehungspunkte der Lenkstangen in den bestimmten Punkten **H** der vertikalen Richtungen **IK** angebracht werden müssen, so wird die Construction folgende (siehe Fig. 481). Man verlängere **AC** bis zur vertikalen Richtung **IK**; man theile **AI** in **b** und setze **bc** senkrecht auf **AC**, so daß die Richtung **Aa** des höchsten Standes des Balanciers in dem Punkte **c** geschnitten wird. Man beschreibe aus **A** mit **Ac**, als Radius, den Bogen **cB**; man theile **HI** mitten in **m** und ziehe die Linie **mn** parallel mit **AC**, so daß die verlängerte senkrechte Linie **cb** in dem Punkte **E** geschnitten wird. Man ziehe durch **B** und **E** die Linie **BEG**; ferner **HG** parallel mit **AI**; **CD** parallel mit **BG** und endlich durch **A** und **E** die Linie **AEP**: so ist **HG = BA** die Länge der Lenkstange, **CBGD** das Parallelogramm und **P** der Punkt für den Zapfen, an welchen die Dampfkolbenstange geschlossen werden soll. Der Punkt **E** kann nun der Verbindungspunkt für die Stange des Luftpumpenkolbens werden; wollte man aber diese Stange auf die halbe Länge des Armes **AB** wirken lassen, so könnte dieses mit einer geringen Vermehrung der Complication erreicht werden. Denn zieht man aus der Mitte **p** von **AC** die Linie **pq** parallel mit **BG**; verlängert man ferner **DG** bis in **q**, so ist **Dgq pBC** das complicirtere Parallelogramm, und der Schneidungspunkt **o** wird der Verbindungspunkt des Zapfens der Kolbenstange der Luftpumpe seyn. Will man hierbei vom Punkte **E** keinen Gebrauch machen, so werden auch die Mittelstangen **BG** unnöthig, und das Parallelogramm **CDqp** ist dann in seiner Zusammensetzung einfacher. Aber man berücksichtige, daß die Enden der Lenkstangen immer in den Punk-

Digitized by Google

ten G bleiben müssen, weshalb in diesen Punkten auch die Zapfen für die genannten Enden angebracht werden müssen. Durch die Fig. 482 wird der Sinn des eben Gesagten erläutert.

Zum Andern kann der Fall eintreten, daß der Verbindungspunkt D der Hinterstangen BG bestimmt ist, während es gleichgültig ist, in welchen Punkt die festen Drehungspunkte H der Lenkstangen gebracht werden. Für diesen Fall ist die Construction noch einfacher, als die vorhergehende. Es werde z. B. angenommen (Fig. 483 und 484), daß B der Punkt des Balanciers sey, wo die Hinterstangen des Parallelogramms anzubringen sind. Es sey m n eine Linie, in welche die Punkte, die eine gerade Linie beschreiben sollen, fallen müssen. Man beschreibe aus dem Drehungspunkte A des Balanciers mit AB als Radius einen kleinen Kreisbogen, nehme den Bogen Ba ungefähr = 20° oder gleich einer kleinern Extension, auf welche die Bewegung des Balanciers vorher bestimmt worden ist. Man ziehe ab senkrecht durch AC und verlängere diese Linie nach unten. Durch den Punkt E, wo sie die horizontale Linie m n schneidet, und durch den Punkt B ziehe man BEG. Man nehme EG = EB; man ziehe GH parallel AC und mache GH = AB, so wird HG die Länge der Lenkstangen und H der Ort ihrer festen Drehungspunkte seyn. Um das Parallelogramm zu construiren, ziehe man CD parallel mit BG, und ferner durch A und E die Linie ADP, welche CD in P schneidet, so wird CD die Richtung der Vorderstangen des Parallelogrammes angeben, und P wird der Ort seyn, wo der Zapfen anzubringen ist, an welchem die Dampfkolbenstange befestigt werden muß. Die Verbindung der Vorderstangen CD mit den Hinterstangen BG kann nun geschehen durch Stangen DG, welche hinter den Lenkstangen HG

Digitized by Google

liegen, wenn sich der Balancier in der horinzontalen Stellung befindet; aber weil der Verbindungspunkt **P** für die Dampfkolbenstange nicht übereinstimmt mit dem vordern Winkel **D** des Parallelogrammes [d. h. über (siehe Fig. 483) oder unter denselben fällt (siehe Fig. 484)], so kann es manchmal besser seyn, die genannten Verbindungsstangen höher oder tiefer anzubringen, z. B. in der Richtung **dg**, was zwischen die Punkte **D** und **P** fällt, oder in der Richtung, welche durch den Punkt **P** selbst läuft, oder auf sonst eine Weise.

Häufig ist auch die genaue Größe des Parallelogrammes gegeben, während alsdann die Länge der Lenkstangen so bestimmt werden muß, daß der vordere Winkel, oder auch der untere Zapfen der vordern Stangen in der verlangten vertikalen Richtung bewegt wird. Es sey wiederum **AC** Fig. 485 die Länge des halben Balanciers, **Cc** die Extension der Bewegung des Balanciers über der horizontalen Richtung; die senkrechte Linie **cFZ** die vertikale Richtung der Bewegung der Stange des Dampfkolbens und **CBGD** die Figur und Größe des Parallelogrammes im horizontalen Stande des Balanciers. Erstens ist es nun einleuchtend, daß der Ort des festen Drehungspunktes der Lenkstangen irgend wohin auf die Linie **DG** oder auf die Verlängerung derselben fallen müsse. Um denselben zu finden, construire man das Parallelogramm in den beiden äußersten Ständen **cbgd** und **PZfg**, so daß der Winkelpunkt **D** beständig in der vertikalen Linie **cZ** bleibt, und man bemerke die Punkte **f** und **g**, in welche der hintere Winkel **G** des Parallelogrammes kommen soll. Wenn hernach der Mittelpunkt des Kreises bestimmt wird, welcher durch die drei Punkte **g**, **G** und **f** läuft, so wird dieser Mittelpunkt **H** der Ort für die festen Drehungspunkte der Lenkstangen seyn, und

Digitized by Google

HG wird die proportionale Länge der Lenkstangen darstellen. Zieht man DA, so wird der Schneidepunkt E in der Hinterstange BG gleichfalls eine beinahe geradlinige Bewegung verfolgen. — Man kann nun auch den Ort für die festen Drehungspunkte H ziemlich genau bestimmen, indem man Bh = GE nimmt; denn zieht man durch die Punkte A und h eine Linie AhH, so ist der Schneidepunkt H mit der Richtung GDH der Ort für die festen Drehungspunkte H. Gleichwohl ist diese Construction dann erst genau, wenn die Dampfkolbenstange nicht in der Richtung der Chorde Dc, sondern in der Richtung der Tangente des beschriebenen Bogens bewegt wird. Diese zweite Construction kann indessen dazu benutzt werden, um sich von der vollkommenen Richtigkeit der ersten zu überzeugen.

Obgleich alles, was bis jetzt durch Construction bestimmt ist, auch durch Berechnung gefunden werden kann, so ist jedoch eine solche Berechnung meistens sehr verwickelt. Weniger complicirt ist sie jedoch für den jetzt betrachteten Fall, und da sie sehr häufig in der Praxis vorkommt, ja selbst als Basis für die Auflösung anderer Fälle angenommen werden kann, so ist es von Nutzen, die Formeln zur Bestimmung der Länge der Lenkstangen HG zu kennen, wenn die Dimensionen des Balanciers und des Parallelogramms ganz bekannt sind.

Wir wollen z. B. annehmen, man habe (Figur 485) gemessen:

AC = der halben Länge des Balanciers aus den Drehungspunkten A und C gemessen . . . . . = a
BC = der Länge des Parallelogrammes = b
CF = der Entfernung der Vertikallinie cZ vom Ende C des Balanciers . = c

Länge des Dampfkolbenlaufes = beinahe
2 cF . . . . . = s
Länge der Lenkstangen GH . . . . = x
so ist in der Voraussetzung, daß das Ende C des Balanciers keinen größern Bogen als von 20° über und unter der horizontalen Richtung AC beschreibt,

$$x = \frac{4b^2c^2 + (a-b)^2 s^2}{8abc} \quad \ldots \quad (1)$$

Wollte man derselben Voraussetzung die Entfernung CF = c unberücksichtigt lassen, so würde sich die Formel also gestalten:

$$x = b + \frac{(a-2b)s^2}{8b(a-\frac{1}{2}\sqrt{(4a^2-s^2)}} \quad (2)$$

Obschon beide Formeln dieselben Resultate geben, so ist indessen die zweite für die Anwendung bequemer als die erste, weil in derselben die Größe c nicht vorkommt, welche entweder durch Messung, oder durch Berechnung immer vorher bestimmt werden muß. Durch folgendes Beispiel wird die Anwendung dieser Formeln erläutert.

Es werde die Aufgabe gestellt: die Länge der Lenkstangen zu bestimmen für eine Dampfmaschine, deren Kolbenlauf 24 niederländische Palmen, die Länge des halben Balanciers 38 Palmen und die Länge des Parallelogrammes 16 Palmen beträgt.

Es ist deshalb a = 38; b = 16; s = 24, und hiermit kann man finden c = CF (Fig. 485) = AC − AF = 38 − AF; aber AF = $\sqrt{(Ac^2 - cF^2)} = \sqrt{(38^2 - 12^2)} = \sqrt{1300}$ = 10 $\sqrt{13}$ = 36,06; weshalb c = 38 − 36,06 = 1,94 niederländische Palmen ist.

Setzt man nun diese Werthe von a, b, c, und s in die erste Formel, so bekommt man:

Digitized by Google

$$= x = \frac{\text{Länge der Lenkstangen} \cdot 4 \times 16^2 \cdot (1{,}94)^2 + (38-16)^2 \cdot 24^2}{8.\ 38.\ 16.\ 1{,}94.} =$$

$$\frac{4.\ 16.\ 16.\ 3{,}7636 + 22.\ 22.\ 24.\ 24}{8.\ 38.\ 16.\ 1{,}94} =$$

$$\frac{4.\ 16.\ 16.\ 3{,}7636 + 11.\ 11.\ 16.\ 16.\ 9}{16.\ 19.\ 16.\ 1{,}94}$$

$$= \frac{4.\ 3{,}7636 + 11.\ 11.\ 9}{19.\ 1{,}93} =$$

$$\frac{1104{,}0344}{36{,}86} = 29{,}95 \text{ Palmen.}$$

Nach der zweiten Formel bekommt man ebenfalls für die Länge der Lenkstangen:

$$x = 16 + \frac{(38-32) \times 24^2}{8.16\,(38 - \frac{1}{2}\sqrt{(4.38^2 - 24^2)}}$$

$$= 16 + \frac{6.\ 16.\ 6.\ 6}{8.16\,(38 - \frac{1}{2}\sqrt{(4.4.19^2 - 4.4.6.6)}} =$$

$$16 + \frac{3.\ 3.\ 3}{38 - 2\sqrt{(19^2 - 6^2)}} = 16 + \frac{27}{38 - 36{,}055} =$$

$$16 + \frac{27}{1{,}945} = 16 + 13{,}9 = 29{,}9 \text{ Palmen.}$$

Die gegebene Auflösung des Falles, daß die Länge der Lenkstangen einer vorher bestimmten Größen des Parallelogrammes entsprechend gefunden werden muß, kommt auch bei Dampfmaschinen in Anwendung, die mit zwei communicirenden oder verbundenen Dampfcylindern versehen sind, welche in der Längenrichtung des Balanciers vor einander stehen. Wenn nämlich der Dampf in zwei mit einander verbundenen Cylindern wirkt (in dem zweiten Cylinder durch Ausdehnung, nachdem er in dem ersten mit vollem Druck gewirkt hat, vergl. §. 2 des III. Cap. der II. Abth.), so können diese beiden Cylinder im Allgemeinen entweder neben einander oder vor einander gestellt wer-

Digitized by Google

den. Sind sie neben einander gestellt, so müssen die beiden Dampfkolben einen gleichen Lauf haben, und von den Dampfkolben werden dann auch die Stangen an die Enden, oder ziemlich an die Enden des untersten Vorderbolzens, oder der vordersten horizontalen Querstange des Parallelogrammes befestigt. Diese Stellung verursacht größere Complication und auch einen viel weniger gleichen Druck auf den Balancier und auf die Theile des Parallelogrammes, als wenn die beiden Cylinder vor einander stehen. Aber in diesem Falle können die beiden Dampfkolben keinen gleichen Lauf haben, denn da die Stange des Kolbens des weitesten Cylinders an das vordere Ende des Parallelogrammes geschlossen wird, so muß dieselbe auch eine größere Entfernung vom Mittelpunkte des Balanciers haben, als die Stange des weniger weiten Cylinders, welche dem genannten Mittelpunkte näher kommt, und die Längen der beiden Kolbenläufe werden sich auch zu einander verhalten wie die Entfernungen der beiden Kolbenstangen vom Mittelpunkte des Balanciers.

Die beiden Vertikallininien **a b** und **c d**, Fig. 486, sollen die Richtungen der beiden Kolbenstangen bezeichnen; es sey **A C** der halbe Balancier, dessen Mittelpunkt in **A** liegt, und es werde angenommen, daß die Verbindung der vordersten Kolbenstange am Parallelogramm im Punkte **D** bewerkstelligt werden müsse, so ist **D** der Ort des untersten Vorderzapfens und **C D** die Richtung der vordersten Stangen des Parallelogrammes. Man ziehe die Linie **D A**, welche die Vertikallinie **c d** im Punkte **E** schneidet, so muß **E** der Verbindungspunkt der zweiten Kolbenstange werden. Die Linie **B G**, welche durch den Punkt **E** parallel mit **C D** gezogen wird, ist also die Richtung der Hinterstangen, und **D G**, welches parallel mit **B C** läuft, ist die Richtung der horizontalen Verbindungs-

Digitized by Google

stangen. Deshalb muß **CBGD** das Parallelogramm in bestimmter Größe darstellen, und der Ort für die festen Drehungspunkte **H** der Lenkstangen kann nun wie oben bestimmt werden. Ist eine Luftpumpe vorhanden, so kann diese an der andern Seite des Balanciers wirken. Aber ihre Anbringung in der Nähe der Cylinder, d. h. an dieser Seite des Mittelpunktes des Balanciers ist meistentheils zweckmäßiger. Und wenn dann der Mittelpunkt dieser Pumpe in der Verlängerung der vertikalen Linie **ef** liegt, so wird der Punkt **K** der Linie **AD**, in welcher **AD** von **ef** geschnitten wird, die Verbindungsstelle des Kolbens der genannten Pumpe seyn. Die Verbindung **BG** und **AC** kann geschehen durch das kleinere Parallelogramm **BLKI**, oder durch das größere **BLmG**. Auch können nun die Lenkstangen an den Enden des Zapfens der hintern Querstange **m** des größern Parallelogrammes **CLmD** befestigt werden, wenn dann der Ort der festen Drehungspunkte **H** dieser veränderten Verbindung der Lenkstangen entsprechend bestimmt wird. Manchmal befestigt man die Stange des Luftpumpenkolbens auf dieselbe Weise an die der Wasserpumpe, d. h. unmittelbar an einen Bügel oder an einen Bolzen, welcher im Balancier befestigt ist, ohne von einem Parallelogramm Gebrauch zu machen. Wenn der Kolbenlauf kurz ist, oder eine bessere Einrichtung sich nicht gut anwenden läßt, so kann man obige benutzen, wie dieses in den Figg. 79, 80, 81 und 114, Taf. VIII. und XII. durch eben so viele Beispiele erläutert worden ist; ist man hingegen nicht beschränkt, so ist es auch rathsam, eine bessere Einrichtung anzuwenden.

266. Bevor wir diese Betrachtungen weiter fortsetzen und einiger Fälle Erwähnung thun, in welchen die Figur und die Stellung der Theile des Pa-

rallelogrammes besonders modificirt worden sind, ist es nöthig, die gebräuchliche Einrichtung, die Zusammensetzung und die Verbindung der genannten Theile bemerklich zu machen.

Obgleich die Art der Verbindung der Theile des Parallelogrammes, ihre Form und gegenseitige Verbindung verschieden seyn können, so erfordern sie doch keine besondere Zurüstung und hängen von den örtlichen Umständen und von dem Stande der Maschine nicht so sehr ab, als es mit der Ortsbestimmung der festen Drehungspunkte der Lenkstangen der Fall ist. Dieses ist nicht immer gleich leicht, sondern hängt häufig ab von der besondern Art der Unterstützung des Balanciers und erfordert nicht selten eine eigne Einrichtung des Gestelles der Maschine, oder auch ein ganz besonderes Gestell. Zur Erläuterung des Gesagten (und ehe wir von der Form und der Verbindung der Theile des Parallelogrammes handeln) diene die Betrachtung der Figuren 487 bis 495, welche meistentheils bekannte und gebräuchliche Einrichtungen darstellen und allein diejenigen Theile der Dampfmaschine erkennen lassen, welche auf den gegenwärtigen Punkt der Erwägung Bezug haben, oder in der Folge noch betrachtet werden müssen.

Wenn die Maschine von keinem großen Kaliber ist und eine von der Oertlichkeit unabhängige Einrichtung besitzt, so daß der Cylinder auf einer eisernen Cisterne steht, welche den Condensator, die Luftpumpe und die Wasserpumpen enthält, und wenn ferner die Stühle für den Zapfen des Balanciers auf einer Plattform angebracht sind, welche durch 6 Säulen getragen wird (vergl. Fig. 29, Taf. III.), so ist die Gelegenheit für die festen Drehungspunkte der Lenkstange sehr geeignet, denn man muß die Stühle für den Zapfen des Balanciers so abmessen

Digitized by Google

können, daß die genannten Drehungspunkte an die Leisten der Plattform befestigt werden können.

Aber nicht immer wird der Balancier auf diese Weise getragen. Statt der 6 Säulen sind meistens 2 Säulen ausreichend, wie für größere Maschinen, oder für alle solche, deren Treibcylinder nicht auf einer beweglichen Cisterne angebracht ist, nur 2 Säulen angewendet werden müssen. Diese 2 Säulen werden bei Maschinen von kleinem und von mittlerem Kaliber manchmal durch gußeiserne Gestelle von verschiedener Form ersetzt.

In Fig. 487 ist z. B. ein Balancier **AC** abgebildet, dessen Stühle **E** von zwei einander gegenüber aufgerichteten eisernen Gestellen **MN** getragen werden; dieselben haben bei **a b** und auf den andern massiven Punkten den Durchschnitt **p** und sind auf dem Boden mit Fundamentstangen befestigt, oder stehen mit Schrauben befestigt auf der verschiebaren Cisterne der Maschine, während sie oben bei **m n** durch ein Kreuz, oder durch zwei sich kreuzende Stangen mit einander verankert sind. Sind nun keine Theile, z. B. Balken, Rippen, Mauern oder Wände vorhanden, die eine gute Gelegenheit darbieten, die festen Drehungspunkte **H** der Lenkstangen **HG** des Parallelogrammes **BCDE** zu befestigen oder anzuhängen, so ist für diese festen Drehungspunkte ein besonderes Gestell unvermeidlich erforderlich. Dasselbe kann unter andern bestehen aus einer Leiste **PS**, welche auf jeder Seite den halben Balancier **EC** umgibt. Diese Leiste muß bei **P** befestigt werden können an das Gestell **MN** und bei **S** unterstützt werden durch zwei Säulen **T**, oder durch schwache dreieckige Gestelle (in der Form von Schragen), welche im Nothfall mit dem Treibcylinder verbunden, oder auch auf den Deckel desselben gesetzt werden können.

Digitized by Google

Uebrigens hat das Parallelogramm die gewöhnliche, ganz einfache Form; die Hinterstangen sind in der halben Länge des Armes **E** angebracht, und der Bolzen **Q** trägt die Stange **QR** des Luftpumpenkolbens. Die Lenkstangen **GH** sind von derselben Länge wie die Parallelstangen **GD**, und die festen Drehungspunkte **H** liegen deshalb in der Ebene der Bewegung der Dampfkolbenstange. Diese Drehungspunkte sind kurze Bolzen oder Zapfen mit viereckigen oder runden Schwänzen, welche in kurzen eisernen Gehängen **pq** befestigt oder angeschweißt sind, die an die untere Seite der Leisten **PS** geschraubt werden.

Wenn die Leisten **PS** weniger lang zu seyn brauchen, so daß sie wie Arme mit dem Gestell **MN** verbunden werden können, so bekommt das Ganze eine einfachere Einrichtung. Das Parallelogramm **BCDg** Fig. 488 habe nun eine größere Länge als der halbe Arm des Balanciers, damit die Lenkstangen **GH** kurz werden und die Stühlchen **ab** für die festen Drehungspunkte **H** an den auf das Gestell **MN** geschraubten Armen **OQR** befestigt werden können. Die Zusammensetzung dieses Parallelogrammes gründet sich auf die Construction Fig. 484, es ist nämlich die Länge der Lenkstangen **HG** gleich der Entfernung **AB**, ferner **BE = EG**, und nachdem man durch die Punkte **A** und **E** die Linie **AEP** gezogen hat, wird **P** der Punkt seyn, wo der Zapfen oder Bolzen angebracht werden muß, an welchen die Kolbenstange **PS** gehängt wird. Damit die Parallelstangen weder zu nahe am Balancier, noch zu entfernt von demselben liegen, laufen sie zwischen den Linien **Gh** und **li**, welche durch die Punkte **G** und **P** parallel mit **AC** gezogen sind.

Die Figur des Balanciers und des Parallelogrammes ist entnommen von einer Abbildung, welche in dem bekannten Werke Tredgold's über die Dampf-

Digitized by Google

maschinen enthalten ist und zwar aus der besondern Absicht, um auf einen Irrthum aufmerksam zu machen, welchen dieser gelehrte Mechaniker in der Darstellung obiger Einrichtung begangen hat, und der zu groben Irrthümern Veranlassung geben könnte. Die Parallelstangen **D g** sind nämlich bis ans andere Ende des Balanciers verlängert und bei **I** mit zwei andern Stangen **F I** ähnlich **C P** verbunden, damit die Stange **I T** eines Pumpenwerks vertikal auf- und niedergehe, wie auch die Dampfkolbenstange **P S** vertikal auf- und niedergeht, so daß dasselbe Parallelogramm **B C D g** auch benutzt werden könnte, um die geradlinige Bewegung von Stangen oder Theilen an der andern Seite des Drehungspunktes **A** des Balanciers zu leiten. Dieses ist nun **unmöglich**; denn die Stangen **F I** oder das Parallelogramm **F L K I** können der Bewegung des Parallelogrammes **B C D g** nur so weit folgen, daß der Punkt **I** sowohl im höchsten, als im tiefsten Stande in dieselbe vertikale Linie kommt, aber außer diesen Ständen weicht derselbe auch merklich von der Vertikallinie ab und beschreibt einen Bogen. Läge der Punkt **A** an der andern Seite des Punktes **F**, so könnte die beabsichtigte Wirkung stattfinden. Ist dieses aber nicht der Fall, so müssen die beiden Parallelogramme **B C D g** und **F L I K** ganz entgegengesetzten Bewegungen folgen, und es müssen deshalb auch an die andere Seite des Gestelles **M N** Arme **o q r** befestigt werden, um den besondern Lenkstangen des Parallelogrammes **F L K I** zu Unterstützungspunkten zu dienen.

Wie lang oder wie kurz die Lenkstangen **G H** eines Parallelogrammes auch seyn mögen, so werden die Mittelpunkte der Zapfen **G**, welche die Lenkstangen mit den Verbindungsstangen verbinden, immer in der Richtung von Kreisbögen bewegt, die mit der Länge **G H** der Lenkstangen beschrieben werden. Wenn

Digitized by Google

nun diese kreisförmige Bewegung auf eine andere Weise als durch Lenkstangen beschränkt wird, so muß die Wirkung offenbar dieselbe seyn. Wenn also an die Enden des Hinterzapfens des Parallelogrammes Fig. 489 Rollen **G** angebracht werden, und wenn diese Rollen in der kreisförmigen Nuth **a b** laufen, — die den Punkt **c** zum Mittelpunkte hat, wo die festen Drehungspunkte kurzer Lenkstangen **cG** angebracht werden müssen, — dann werden die genannten Rollen wie in einem kreisförmigen Geleise geleitet, und der vordere Zapfen **D** des Parallelogrammes wird beinahe eine geradlinige Bewegung bekommen. Deshalb fehlen hier die Lenkstangen ganz und gar, und weil die Geleise oder die Nuthen **a b** einen nicht weit hervorragenden Theil des Gestelles **MN** ausmachen, so ist die ganze Einrichtung sehr compendiös. Gleichwohl kann man sie nicht unbedingt anempfehlen, weil eine solche Stellung der beiden gegenüberliegenden Theile **MN** des Gestelles, bei welcher die Geleise **a b** eine vollkommen gleiche Richtung haben und auch behalten, unsicher ist, und weil auch die ganz richtige kreisartige Gestalt der Geleise schwierig herzustellen ist.

Die Zusammensetzung dieses Parallelogrammes kann man sich nach denselben Gründen erklären, wie die Constructionen, welche in den Figg. 484 und 486 dargestellt sind, wo nämlich **EL** die Kolbenstange der Luftpumpe ist.

Die Fig. 490 gibt eine andere Modifikation. Die Stühle für die Zapfen des Balanciers **FRC** werden von den schräg gerichteten oder Unterstützungssäulen **MN** und **MO** getragen. Es sind deshalb zwei Paar solcher Säulen vorhanden, welche unten mit Fundamentstangen am Boden befestigt und oben unter dem Balancier durch eine Verankerung oder besser, durch eine Plattform (die ganz einfach aus

Digitized by Google

einem Rahmen oder einer gegossenen Platte besteht, auf welche die Stühle gestellt werden) mit einander verbunden sind. Diese Einrichtung ist ganz gewöhnlich und sowohl für kleine, als für mittelmäßig große Maschinen anwendbar. Aber die festen Drehungspunkte der Lenkstangen müssen besonders gestützt werden. In der Figur ist eine einfache Art dargestellt, wie die Drehungspunkte **H** durch eine einzelne kurze Säule **HI**, welche an den Körper des Cylinders gegossen ist, unterstützt werden können. Durch das Kapital dieser Säule ist nämlich ein Bolzen gesteckt und befestigt, und um die Enden desselben drehen sich die Lenkstangen **GH** des Parallelogrammes. Das Beispiel Fig. 481 oder 485 kann als Grundlage dieser Einrichtung des Parallelogrammes **BCDG** betrachtet werden. Aber die besondern Gründe, weshalb die Construction so gewählt worden ist, daß die Lenkstangen **GH** eine größere Länge bekommen, als die Parallelstangen, liegt in der Sicherheit, daß die eigentlichen Drehungspunkte in dieselbe gerade Horizontallinie zu liegen kommen; denn dieses muß der Fall seyn, wenn die Enden **H** der Lenkstangen sich um die beiden Enden desselben Zapfens drehen, der auf der Drehbank sorgfältig rund abgedreht ist. Würden die festen Drehungspunkte der Lenkstangen in die Ebene der Bewegung der Kolbenstange gelegt, dann müßte auf jede Seite der Kolbenstange ein Ständer, wie z. B. **abc** auf den Cylinder für die festen Drehungspunkte der Lenkstangen gestellt werden, und die Enden oder Augen **H** der Lenkstangen müßten sich alsdann um die Enden der kurzen Zapfen drehen, welche bei **b** in den genannten Ständern befestigt sind. Man kann aber die obern Enden dieser Ständer auch durch eine Stange verbinden, welche in der Mitte einen Bogen hat, damit der vordere Theil **CD** des Parallelogrammes

Digitized by Google

ungehindert vorbeigehen kann; denn da die Enden dieser Stange auf der Drehbank ganz rund abgedreht sind, so kommen auch die Drehungspunkte der Lenkstangen so genau wie möglich in dieselbe gerade Linie zu liegen. Statt der gegossenen kleinen Ständer **a b c** können auch gerade Stangen in den Rand des Cylinders und des Cylinderdeckels geschraubt werden. Aber in jedem Falle muß der feste Stand dieser Stangen, wie auch derjenige der Ständer **a b c** (und dieses gilt auch für die Festigkeit der einzelnen Säule **H I**) noch dadurch gesichert werden, daß man horizontale Stangen, wie **b d** sowohl mit den Säulen **M O**, als auch mit einander verbindet. Wenn die Maschine nicht von kleinem Kaliber ist, und besonders wenn sie in einem geschlossenen Raume aufgestellt ist, thut man zu größerer Festigkeit der Bewegung besser, die festen Drehungspunkte der Lenkstangen an einen festen Balken, oder an einer eisernen, starken Stange anzubringen, welche mit dem Cylinder in gar keiner Verbindung steht.

Damit die Stange des Luftpumpenkolbens soviel wie möglich in einer vertikalen Richtung auf- und niedergeht, muß dieselbe im Punkte **P** angefügt werden. In der Figur findet man jedoch diese Stange **K L** näher am Mittelpunkte **A** des Balanciers **C F** und zwar außer allem Verband mit dem Parallelogramm angehängt. Obgleich nun der Kolbenlauf kürzer ist und die Abweichung von der vertikalen Richtung der Bewegung weniger bedeutend seyn wird, so hält man es doch immer für besser, auch die genaue Bewegung des Luftpumpenkolbens durch das Parallelogramm zu reguliren.

Häufig ist man gewohnt, die Luftpumpe und den Condensator in eine unterirdische Kaltwassercysterne zu bringen, sobald die Dampfmaschine beständig an derselben Stelle bleiben soll. Und wenn die

Dampfmaschinen von großem Kaliber sind, macht sich, ausgenommen bei den Maschinen auf Dampfschiffen, die genannte Construktion sogar nothwendig. Alsdann werden die Stühle für die Zapfen des Balanciers von zwei Säulen getragen und zwar auf Balken, die auf den Capitälern dieser Säulen liegen, und durch deren Gegenwart zugleich die Gelegenheit zur Anbringung der festen Drehungspunkte der Lenkstangen gegeben ist. Jedoch statt gußeiserner Säulen kann man auch Mauerwerk oder hölzerne Säulen anwenden. Von diesen Construktionen sind einige Beispiele in den Figuren 491 bis 495 skizzirt.

In der Fig. 491 ist **A I** eine der Säulen auf einem gemauerten Fußstück **I M** aufgestellt und an demselben mit einer durchlaufenden Fundamentstange **A B** befestigt. Die Säulenschäfte sind besonders gegossen und beide sind oben durch ein Stück verbunden, welches die beiden Capitäler und eine zwischen liegende Leiste bildet, die man in Fig. 492 bei **c** durchschnitten sieht. Auf diesen Säulen liegt an jeder Seite des Balanciers ein Balken **e f**. Diese beiden Balken sind diejenigen eines Stockwerkes, welches den Balancier umgibt, und sie werden an den Enden von den Mauern des Gebäudes getragen, oder auch durch hölzerne oder eiserne Querbalken unterstützt. Auf den Balken endlich sind die Stühle **G** für die Zapfen des Balanciers mit zwei oder mit vier Schraubenbolzen befestigt, welche zugleich durch die breitern Oberflächen der Säulencapitäler gehen.

Von dieser Construktion ist die Fig. 491 ein vollkommener Seitenaufriß. In den Figuren 492 und 494 ist der Aufriß genommen durch die beiden Säulen, so daß die rechte Säule mit ihrem entsprechenden Balken und Stuhl nicht gesehen wird. In den Figuren 493 und 495 ist die Construktion angegeben für die Fälle, daß die Stühle für die Zapfen des

Digitized by Google

Balanciers auf gemauerten Pfeilern Fig. 495 und auf einer hölzernen Zimmerung Fig. 493 getragen werden. Die Einrichtung der Parallelogramme läßt sich aus diesen Figuren (von welchen in den folgenden Betrachtungen ein näherer Gebrauch gemacht werden soll) zur Genüge entnehmen. Die Dimensionen dieser Parallelogramme sind so dargestellt, daß (Fig. 491 und 495) die festen Drehungspunkte **H** der Lenkstangen (welche in kleinen Stühlchen oder kurzen, an der untern Seite der Balken **EF** angeschraubten Gehängen befestigt sind) in der Ebene der Bewegung der Dampfkolbenstange liegen; aber in den übrigen Construktionen (Fig. 492, 493 und 494) liegen diese Punkte außer oder neben der genannten Ebene und zwar für den besondern Zweck, daß die Augen der Zugstangen sich um diese Stange drehen können, damit man versichert sey, daß die eigentlichen Drehungspunkte in derselben geraden Linie liegen.

Endlich dienen noch die Figuren 496 und 497 zur Erläuterung der Construktionen 478 und 486, welche sich auf die Zusammensetzung des Parallelogrammes für Dampfmaschinen mit zwei Cylindern beziehen. **DS** ist die Kolbenstange des vordersten oder größten Dampfcylinders; von dem kleinen oder hintersten Cylinder ist **Ks** in Fig. 496 und **Gs** in Fig. 497 die Kolbenstange; die Stange der Luftpumpe ist **Gt** in Fig. 496 und **Kt** in Fig. 497. Das zweite Parallelogramm in Fig. 497, welches an das andere Ende des Balanciers gebracht ist, hat auf diese Betrachtungen keinen Bezug; es dient gleich den zweiten Parallelogrammen Fig. 494 und 495 für den Zweck, irgend eine Last vertikal zu bewegen, z. B. den Kolben einer Pumpe Fig. 495, oder den Kolben eines Cylindergebläses Fig. 494.

267. Die Verbindungsart der Theile des Parallelogramms sowohl unter einander, als mit dem

Digitized by Google

Balancier, muß noch besonders erwogen werden. Für diesen Zweck müssen die Theile des Parallelogrammes gehörig unterschieden werden. Sie bestehen aus einem obern Vorderbolzen C Fig. 498, verbunden mit dem Ende des Balanciers, und an welchem die Vorderstangen des Parallelogrammes hängen; aus einem obern Hinterbolzen B im Balancier befestigt und die Hinterstangen des Porallelogrammes tragend; aus zwei Vorderstangen CD und zwei Hinterstangen BG; aus einem untern Vorderbolzen D, welcher die untern Enden der Hinterstangen BG verbindet, an dessen Enden die Lenkstangen hängen; aus einem hintern Mittelbolzen E, an welchen die Stange des Luftpumpenkolbens gehängt wird, — ist keine Luftpumpe vorhanden, oder steht die Kolbenstange desselben mit einem andern Theil oder Punkte des Balanciers in Verbindung, so ist auch kein Mittelbolzen erforderlich (man könnte alle diese Bolzen auch Querstangen nennen); aus zwei Parallelstangen DG, welche die Unterbolzen D und G das Parallelogrammes verbinden; und endlich aus zwei Lenkstangen oder Gegenlenkern GH.

Häufig sind die obern, die vordern und die hintern Bolzen geschmiedete Stücke, welche durch runde Löcher gesteckt sind, die im Ende und in der Mitte des Armes des Balanciers an der Stelle ausgespart sind, wo die vordern und die hintern Stangen des Parallelogrammes angehängt werden sollen, und sie sind endlich in diesen Löchern befestigt mittelst eines Vorsteckers, einer stählernen Warze oder auf sonst eine Weise. In dem Durchschnitt Fig. 499 No. 1 stellt AB das vordere Ende des Balanciers und CD den durchgesteckten Bolzen dar. Dieser Bolzen ist auf der Drehbank sauber abgedreht; so weit er im Balancier sitzt, d. h. in der Extension

Digitized by Google

ab ist er ungefähr 1 niederländischen Zoll dicker, als bei cc; und diese Theile cc sind die eigentlichen Zapfen oder Hälse, um welche die obern Metalllager oder Pfannen der Vorderstangen gelegt werden. Die Enden C, D sind mit dem mittelsten Theil ab von gleicher Dicke, damit die genannten metallenen Lager eine gesicherte Lage haben und nicht abrutschen können. Manchmal haben diese Endzapfen keine ausgedrehten Hälse, sondern es werden durch die Enden C, D Fig. 499 No. 2 zwei metallene Stifte geschlagen und zwischen diese und die metallenen Lager legt man noch häufig einen Schließring.

Man richtet jedoch vorzugsweise und hauptsächlich, wenn das Kaliber der Maschinen, oder auch wenn der Kolbenlauf nicht klein ist, den obern Vorderbolzen des Parallelogrammes so ein, daß er eine besondere Bewegung um das Ende des Balanciers haben kann, wenn er etwa einer seitlich abweichenden Bewegung der Kolbenstange folgen sollte, denn auf diese Weise kann eine solche Abweichung keine nachtheiligen Folgen haben. Für diese Einrichtung bekommt das Ende des Balanciers die Form eines Zapfens A Fig. 500 No. 1, welcher für den hernach zu nennenden Zweck eine durchlaufende Oeffnung bei o von ungefähr 3 niederländischen Zollen Weite besitzt. Dieser Zapfen muß genau rund, und wenn es anders möglich, auf einer großen Drehbank abgedreht worden oder sonst mit einer genau abgedrehten Umgebung versehen seyn. Um den Zapfen kommt eine Büchse B Fig. 500 No. 2, die an jeder Seite mit einem Zapfen CC versehen ist. Die Büchse mit ihren Zapfen ist von Gußeisen und auf der Drehbank sauber aus- und abgedreht. In Fig. 500 No. 3 ist dieser Theil noch im Grundriß und im Aufriß abgebildet. Ist diese Büchse oder Hülse an den Zapfen A geschoben, so wird sie mit einem halbkugelförmigen

Digitized by Google

Stück **D** Fig. 500 No. 4 festgeschlossen und letzteres Stück an dem zapfenförmigen Ende des Balanciers mit einem Stift **a a** befestigt, welcher durch die oben genannte Oeffnung **o** Fig. 500 Nr. 1 läuft, so daß er die Stelle einer Schraubenmutter ersetzt, mit welcher die Büchse **B** ebenfalls angeschlossen werden könnte. Es liegt auf der Hand, daß die Zapfen **C C** dazu dienen sollen, um die Vorderstangen des Parallelogrammes daran zu hängen, und weil sich nun die Büchse **B** um das zapfenförmige Ende **A** des Balanciers drehen kann, so müssen auch die Zapfen **C C** diese Bewegung theilen, sobald eine geringe Seitenabweichung der Kolbenstange stattfindet.

Von der beschriebenen Einrichtung sind die obern Zapfen der Parallelogramme, welche in den Figuren 490, 491, 492 und 498 abgebildet sind (siehe auch Fig. 470 und 473), während aus den drei ersten der genannten Figuren auch entnommen werden kann, daß an den andern Enden der Balanciers eine ähnliche Einrichtung für den Bolzen besteht, um welchen das obere Gabelende der Kurbelstange **F K** liegt und sich drehen muß; denn für die genaue Thätigkeit dieses Theiles der Kurbelstange ist es um so nützlicher, daß der Bolzen **F**, an welchem die Stange hängt, sich seitlich drehen könne, weil es sehr schwierig ist, sowohl die Stühle der Balancierzapfen, als auch insbesondere die Welle des Schwungrades mit der mathematischen Richtigkeit aufzustellen, daß der Kurbelzapfen immer eine genaue horizontale Richtung habe. Und wenn diese Lage wirklich einmal ganz horizontal wäre, so ist es unwahrscheinlich, daß sie fortwährend horizontal bleibt. Endlich auch ist diese Einrichtung bei größern Maschinen um so zweckmäßiger, um aller nachtheiligen Torsion und Widerstand zu begegnen, die aus den Bebungen des Balanciers oder der Tragsäulen entstehen könnten.

Digitized by Google

Wenn der Balancier nicht aus Gußeisen, sondern aus Holz besteht, — was zwar weniger gebräuchlich ist, dennoch aber vorkommen kann, — so widerstreitet es festbegründeten Regeln der Baukunst, die obern Bolzen des Parallelogrammes durchs Holz zu stecken; um das Holz nicht im Geringsten zu schwächen und auch der Dauerhaftigkeit halber müssen die Bolzen mit Bändern an der untern Seite des hölzernen Balanciers befestigt werden, oder man schließt dieselben in kleine Stühle, welche auf die eben genannte Weise mit dem Balancier verbunden sind. Für den Fall, daß der Balancier aus einem eichenen Balken von durchgängig gleicher Dicke besteht, kann die 493ste Figur als Beispiel dieser Einrichtung betrachtet werden.

Die Vorderstangen des Parallelogrammes können ganz einfach bestehen aus schmiedeeisernen Stangen **A** oder **B** Fig. 501 mit platten Enden und gebohrten Augen **a b**, durch welche die Enden der obern und der untern Vorderbolzen gesteckt werden, weil alsdann diese Enden keine Knöpfe haben, sondern so gearbeitet sind, wie Fig. 490 Nr. 2 darstellt. Um jedoch die Reibung der Augen an ihren Zapfen zu vermindern, die Genauigkeit des Anschließens und der Stellung, wie auch die Stärke zu befördern, wird einer complicirteren Einrichtung der Vorzug gegeben; denn sowohl um die obern, als um die untern Bolzen werden metallene Pfannen a, b Fig. 502 Nr. 1 gelegt, und diese Pfannen haben hervortretende Ränder Fig. 502 No. 2, und zwischen diesen Rändern werden nun die Pfannen umgeben von einem Bande aus Schmiedeeisen **c d e** (vergleiche auch Fig. 502 Nr. 3), durch welches unten, um die untere Pfannenhälfte zu tragen, ein kurzer Anker **e f** gesteckt wird, der nachher mit Vorsteckern **g** festgekeilt wird. Das Band kann sowohl unten, als oben geschlossen

Digitized by Google

seyn (siehe 502 Nr. 4), aber im ersten Fall ist es nicht so schwierig, den untern Bolzen des Parallelogrammes in die erforderliche Entfernung vom obern Bolzen und demselben genau parallel zu bringen. Der Raum zwischen dem untern und dem obern Lager innerhalb des Bandes kann mit Holz, oder mit einer Stange, oder mit gegossenem Leisten- oder Gitterwerk ausgefüllt werden, welches innerhalb der Knöpfe der Metallpfannen anschließt, oder man kann auch den gedachten Raum offen lassen, weil alsdann die metallenen Lager mit Ankern und Vorsteckern getragen und zusammengehalten werden (Fig. 502 Nr. 4). Diese Einrichtung kann auf sehr vielfache Weise dargestellt werden, und zur Vermeidung langweiliger Beschreibungen wird es genügend seyn, auf die Figuren 487 bis 498 ꝛc. zu verweisen, aus deren genauer Betrachtung die verschieden Modifikationen entnommen werden können.

Wenn die Bewegung der Stange des Luftpumpenkolbens nicht regulirt werden soll durch die Bewegung des Parallelogrammes, und wenn deshalb die gedachte Stange nicht befestigt werden soll an den Mittelbolzen der Hinterstangen, so ist dieser Mittelbolzen auch unnöthig, und die Hinterstangen können alsdann auf gleiche Weise wie die Vorderstangen eingerichtet werden. Aber weil an diesen Stangen keine bedeutende Last hängt, ist es ausreichend, wenn blos um den untern Zapfen derselben metallene Lager gelegt sind, und wenn sie nur unten gebohrte Augen zur Durchführung des untern Bolzens enthalten, weil der Druck und die Reibung dieses Bolzens in den gedachten Augen sehr gering ist. Manchmal werden jedoch diese Augen inwendig mit einem metallenen Ring ausgefüttert. Wird dagegen die Kolbenstange der Luftpumpe an einen Mittelbolzen der Hinterstangen des Parallelogrammes gehangen, so

muß dieser Bolzen wegen des großen Druckes, den er erfährt und auf die Hinterstangen des Parallelogrammes ausübt, in metallenen Lagern oder Pfannen getragen werden. Hierdurch bekommen die Hinterstangen eine andere Einrichtung als die Vorderstangen, und diese Einrichtung kann auch auf vielerlei Art modificirt werden, wie sich wiederum aus der Betrachtung der Figuren 487 bis 498 ergibt.

Ein Haupttheil des Parallelogrammes ist der untere Vorderbolzen. An der Mitte dieses Bolzens hängt die Dampfkolbenstange, welche mittelst der Parallelstangen mit den untern Hinterbolzen in Verbindung steht, und ihre Enden werden getragen in den unteren metallenen Lagern der Vorderstangen. Die Dampfkolbenstange kann auf mehr als eine Weise mit dem untern Zapfen verbunden werden, aber diese Verbindung muß immer mittelst einer Büchse oder einer Hülse bewerkstelligt werden, welche um den Bolzen liegt, oder mit demselben verbunden ist. Ferner kann der Bolzen selbst von durchgängig gleicher Dicke seyn, oder es können an denselben an der Stelle, wo die metallenen Pfannen der Parallelstangen und der Vorderstangen hin zu liegen kommen, Hälse gedreht seyn. Diese letzte Einrichtung ist dargestellt in Fig. 503 Nr. 1; CD ist der Bolzen; a, a sind die Hälse für die unteren Lager der Vorderstangen; b, b sind Hälse, um welche die vordersten Augen der Parallelstangen schließen können, sobald nämlich diese Augen aus besondern metallenen Stücken bestehen. AB ist ein viereckiger Kopf (von der Seite dargestellt in Fig. 503 Nr. 2), welcher um die Mitte des Bolzens liegt oder hängt. Bis an das runde Querloch c ist dieser Kopf in vertikaler Richtung zu einer Büchse ausgebohrt; in dieselbe paßt das obere Ende d der Dampfkolbenstange BE, und die Verbindung erfolgt durch

den Nagel EF, welcher quer durch das untere Theil des Kopfes und durch das eingeschlossene Ende der Kolbenstange, folglich durch die entsprechenden, rechtwinklichen Löcher für den Durchgang des Nagels in den genannten Theilen dringt. Endlich wird auch der Nagel mit Vorsteckern gegen den Kopf gedrückt oder befestigt. Der Kopf AB liegt nicht lose um den Bolzen CD, so daß er sich drehen könnte; er wird sowohl mit dem Ende d der Kolbenstange, als mit einer Schraube oder Warze bei A gegen den Bolzen gepreßt.

Der Kopf kann auch an den Bolzen geschmiedet seyn, wie in Fig. 504 No. 1 und 2. In diesem Falle ist er rund und ganz durchbohrt, so daß auch das Ende der Kolbenstange bei A hervortreten und daselbst mit einer Schraubenmutter, oder mit einem Vorstecknagel fest geschlossen werden kann. Diese Einrichtung stimmt mit derjenigen überein, welche in Fig. 116 Taf. XII dargestellt ist. Sie gibt eine sehr feste Verbindung, aber die Herstellung oder Bearbeitung des Bolzens ist schwieriger. Ein anderes Beispiel einer sehr gebräuchlichen Form, welche mit der eben angegebenen Einrichtung übereinstimmt, ist in Fig. 505 dargestellt, und man kann noch andere Zusammensetzungen ersinnen.

Die Dicke des untern Vorderzapfens des Parallelogrammes nimmt zu mit dem Kaliber der Maschine, eben so wie die Dicke der Kolbenstange und anderer Theile, und sie kann deshalb beträchtlich werden. In diesem Falle ist es um so eher von wesentlichem Belang, daß auf die Abnahme der Reibung Rücksicht genommen werde, und daß sich z. B. die Parallelstangen mit metallenen Futtern oder Pfannen um den Zapfen oder Bolzen drehen können. Alsdann ist es wiederum für die Festigkeit der Bewegung rathsam, daß Hälse bb (Fig. 503 Nr. 1) an den Zapfen

Digitized by Google

gedreht werden, um die genannten metallenen Lager der Parallelstangen gehörig festzuhalten. Absolut nothwendig ist es indessen nicht, denn es ist auch genügend, wenn blos Hälse a, a (Fig. 504 Nr. 1) vorhanden sind, welche die untersten metallenen Lager der Vorderstangen des Parallelogrammes einschließen, und also die metallenen Belegungen der Parallelstangen unmittelbar am Kopfe A anliegen. Es mag sogar auch in vielen Fällen ein Bolzen CD (Fig. 505 Nr. 1) von durchgängig gleicher Dicke räthlich seyn, sobald nach der Anfügung der verschiedenen Stangen und nach dazwischen gelegten Schließringen durch die Enden zwei Stifte p geschlagen werden, um eine mögliche Verschiebung zu verhüten. Um die Vorderstangen und die Parallelstangen von einander abzuscheiden, kann man zwischen dieselben zwei Stifte q, q (Fig. 504 Nr. 2) durch den Bolzen stecken, oder auch statt eines jeden Stiftes zwei an einander liegende Schließringe anbringen; — oder endlich auch einen breiten Ring oder Kragen, welcher mit einem Stift am Bolzen befestigt wird.

Der untere Hinterbolzen PQ (Fig. 506 Nr. 1 und 2) kann nun gleichfalls wie der untere Vorderbolzen eingerichtet werden, und zwar mit Hälsen g g, h h und i i für die Parallelstangen, für die unteren Augen der Hinterstangen und für die Lenkstangen, — oder man kann ihm eine durchgängig gleiche Dicke geben, während alsdann das Einschließen mit Stiften und Schließringen bewerkstelligt werden muß. Diese letzte Konstruktion ist die einfachste und wegen der geringern Dicke, welche der Hinterbolzen zu haben braucht, auch sehr genügend. Ist ein Mittelbolzen vorhanden, an welchen die Kolbenstange der Luftpumpe gehangen werden kann, so kann die Konstruktion und die Art der Verbindung mit der Kolbenstange ganz so seyn, wie am Vorderzapfen des Pa-

Digitized by Google

rallelogrammes. Die Fig. 507 diene dazu als Erläuterung.

Die Bewegung der Kolbenstange der Luftpumpe findet statt in einer Richtung, welche in manchen Ständen des Parallelogrammes durch die Richtung des unteren Hinterbolzens läuft. Um zu verhüten, daß diese Kolbenstange in eine Berührung mit dem genannten Bolzen komme, kann sie, wie in Fig. 508, so geschmiedet werden, daß sie einen Bogen A B bekommt, welcher den Bolzen C umgibt; — oder sie kann diesen Bolzen C Fig. 509 mit einem runden oder ziemlich viereckigen Rahmen G H umfassen; — oder sie kann auch ganz gerade bleiben, wenn der Hinterbolzen P Q Fig. 510 in der Mitte offen ist, oder einen Ring I K bildet, durch welchen die Kolbenstange a ihren Weg nimmt; eine gerade Luftpumpenkolbenstange kann auch bestehen, wenn der durchlaufende untere Hinterbolzen weggelassen würde, und wenn man ihn durch zwei kurze Zapfen ersetzen wollte, die in den untern Augen der Hinterstangen des Parallelogrammes befestigt würden, und die Parallelstangen an der innern Seite, die Lenkstangen dagegen an der Außenseite tragen würden. Endlich noch kann die Kolbenstange der Luftpumpe gerade bleiben, ohne den unteren Hinterbolzen abzubrechen, sobald der Bolzen, an welchen diese Stange gehängt werden soll, hinter dem Parallelogramm, wie in Q Fig. 493 angebracht wird; aber diese complicirtere Konstruktion muß nur dann angewendet werden, wenn Mangel an Raum oder andere Umstände dieses erheischen.

Wenn die untern, die vordern und die Hinterbolzen des Parallelogrammes keine bedeutende Dicke haben, so daß die Reibung nicht beträchtlich seyn kann, und wenn auch diese Dicke sich durchgängig gleich ist, so können die Parallelstangen, wie auch die Lenkstangen ganz einfach aus geschmiedeten Stangen

Digitized by Google

mit platten Enden A, B Fig. 511 No. 1 bestehen, in welche runde Löcher oder Augen gebohrt sind, um die genannten Bolzen durchzustecken. Bei mittlerem Kaliber der Maschine können diese Augen gleichfalls belegt werden mit metallenen Ringen, oder man vergrößert die Ausbreitung der Enden und richtet dieselben so ein, daß zwei lose Metallstücke a, b Fig. 511 No. 2 eingeschoben werden können; das Stück a wird durch ein Stiftchen festgehalten und das Stück b kann mit einem Bolzen f festgeschlossen werden, wodurch zugleich jedes Ausweichen verhindert wird. Wenn aber an die oben genannten Bolzen Hälse gedreht sind, so muß die Konstruktion Fig. 511 No. 3 befolgt werden; die metallenen Stücke b liegen alsdann an den Stangen CD; die Stücke a sind lose, und nachdem sie um die Hälse der Bolzen gelegt sind, werden beide Stücke mit einem eisernen Band cde umgeben, welches mit dem Bolzen f an der Stange befestigt wird. Die vordern Enden der Lenkstangen bewegen sich um feste Drehungspunkte. Diese Drehungspunkte liegen, wie bereits früher gesagt worden, an einer einzelnen durchlaufenden Stange, oder auch an zwei kurzen Zapfen, welche mit viereckigen Enden in eisernen Gehängen oder kleinen Stühlen befestigt sind. Diese Einrichtung ist die beste, man kann aber auch die kurzen Zapfen in den vordern Enden der Lenkstangen Fig. 511 Nr. 4 befestigen und sie in metallenen Ringen oder Lagern sich drehen lassen, welche in die eben genannten kleinen Stühle oder Gehänge geschlossen werden.

Endlich muß noch erwähnt werden, daß über die Augen oder über die metallenen Lager aller Stangen durchlaufende Löcher gebohrt sind, damit man die Bolzen oder deren Theile, um welche sich die Stangen ꝛc. drehen, von Zeit zu Zeit schmieren könne.

Digitized by Google

268. Bei der allgemeinen Betrachtung des Scharnierparallelogramms (Art. 264.) wurde immer vorausgesetzt, daß der Balancier über dem Treibcylinder und in einer passenden Entfernung von demselben angebracht sey. Es kann jedoch der Balancier auch unter dem Cylinder liegen, oder an der Seite desselben, oder sehr nahe am Deckel ꝛc. Und obgleich in diesen Fällen die Konstruktion des Parallelogrammes durch dieselben Gründe bestimmt wird, welche in Art. 264 entwickelt worden sind, so verdienen diese Fälle dennoch wegen ihrer Wichtigkeit in der praktischen Ausführung eine besondere Würdigung.

a. Es sey A A Fig. 512 die Stellung des obern Theiles eines Dampfcylinders; C D die Richtung des Balanciers, welcher sich unter dem Cylinder oder an der Seite desselben dreht. Der letzte Fall ist besonders anwendbar auf Dampfmaschinen von gewöhnlicher Einrichtung, wie sie auf Dampfbooten oder Dampfschiffen angewendet werden. Alsdann ist auf jeder Seite des Cylinders ein Balancier angebracht. Auf dem Kopfe der Dampfkolbenstange ist ein Querhaupt befestigt, und die rundgedrehten Enden E dieses Querhauptes stehen in Verbindung mit den Enden D des Balanciers durch die niedersteigenden Stangen D E. Endlich sind die Balanciers C D doppelt, d. h. sie bestehen aus zwei geschmiedeten oder gegossenen Blättern a b, c d, (siehe die Zeichnung in der Vogelperspective Fig. 513), zwischen welchen die Enden D der niedersteigenden Stangen, wie auch diejenigen anderer Stangen sich um Bolzen e drehen, und die offenen Räume f werden im Nothfall mit hölzernen Blöcken oder Schließstücken ausgefüllt (vergleiche Taf. XII.)

Der Mittelpunkt des obern Endes E der Stange E D Fig. 512 ist deshalb der Punkt, dessen Bewegung so viel wie möglich in einer vertikalen Richtung

Digitized by Google

vor sich gehen muß. Dieses wird nun auf das Einleuchtendste erreicht durch ein Parallelogramm **DEFG**, welches so lang wie die niedersteigenden Stangen **DE**, und so breit wie die halbe Länge **DG** des Armes **CD** des Balanciers ist, und dessen Lenkstangen die Stangen **FH** sind, deren Länge der Breite **FE** des Parallelogrammes gleich ist. Diese Einrichtung differirt allein in Stellung und Größe von der gewöhnlichen, denn das Parallelogramm stützt sich hier, oder ruht auf dem Balancier und hat eine größere Länge, während, wenn der Balancier über dem Cylinder liegt, das Parallelogramm an demselben hängt und weniger lang oder hoch ist; das Parallelogramm hat nun mit andern Worten eine umgekehrte Stellung, gibt aber denselben Effekt, ja in gewisser Hinsicht eine genauere Wirkung wegen der größern Länge der Stangen **FG** und **DE** (Art. 255).

Da die Bewegung der niedersteigenden Stangen **ED** zwischen den Lenkstangen **FH** stattfinden muß, so müssen auch die Ständer oder Stühle **IHK** für die festen Drehungspunkte **H** der Lenkstangen an der Außenseite dieser Stangen angebracht werden. Die Stellung derselben auf dem Cylinder wird hierdurch erschwert. Eine Verbindung dieser Stühle oder Ständer mit dem Gestell der Maschine kann einen weitschweifigen und hinderlichen Apparat liefern, und es wird alsdann besser seyn, diese Theile auf irgend eine Weise am Umfange der Cylinderwand anzubringen. Jedoch ist man hinsichtlich des Ortes dieser festen Drehungspunkte auf keine Weise beschränkt; er kann auch in einem andern Punkte gewählt werden, sobald alsdann die Lenkstangen an einem andern Punkte der Verbindungsstangen angebracht werden.

Es sey **CD** Fig. 514 die Richtung und Größe des halben Balanciers, und **GDEF** die Figur des Parallelogrammes, und zwar unter derselben Bedin-

Digitized by Google

gung wie oben, daß nämlich die Verbindungsstange FG in der halben Länge des halben Balanciers CD angebracht ist. (Der Balancier und die verschiedenen Stangen sind in dieser und den folgenden Figuren auf das Einfachste dargestellt; was die zweckmäßigeren Einrichtungen und Formen derselben anlangt, so verweisen wir auf frühere Betrachtungen und Angaben.) Es sey A der Punkt der Verbindungsstange, in welchem die Lenkstange angebracht werden soll. Man ziehe die Linie CE, welche die Richtung FG in B schneidet, so ist B derjenige Punkt der Verbindungsstange, welcher gleich dem Punkte E ziemlich vertikal bewegt wird. Nimmt man nun GL = AB und zieht man 1) die unbegrenzte Linie CLH; 2) die Linie AH parallel mit der horizontalen Richtung des Balanciers, so ist der Schneidungspunkt H dieser Linien der Ort für den festen Drehungspunkt der Lenkstangen, und AH wird die Länge der Lenkstangen bezeichnen. Da dieser Punkt H eine kleinere Entfernung vom Cylinder hat, als im vorhergehenden Falle (Fig. 512), so ist die Verbindung der Ständer oder Stühle HI mit dem Cylinderdeckel oder mit der Cylinderwand leichter.

Die angegebene Konstruction gründet sich auf die Erklärungen in Art. 256 und 264 (Fig. 447 und 485). Damit sie ganz genau sey, so muß die Richtung ED jeder der niedersteigenden Stangen für den Kreisbogen ab, welcher durch den Bolzen D beschrieben wird, eine Tangente seyn, sobald der Balancier genau im horizontalen Zustande sich befindet. Sie kann jedoch auch angewendet werden, wenn nicht die Tangente, sondern die Chorde des beschriebenen Bogens ab als Richtung der Bewegung der Kolbenstange angenommen wird. Wenn die Verbindungsstangen FG eine Länge haben, welche derjenigen der niedersteigenden Stange ED gleich ist, so werden die

Digitized by Google

Enden derselben F durch die Parallelstangen EF mit den zapfenförmigen Enden des Querhaupts der Dampfkolbenstange verbunden. Man kann indessen einfacher zum Zwecke gelangen; denn die Verbindungsstangen brauchen eigentlich nicht länger zu seyn, als AG, und die Parallelstangen EF können auf irgend einem andern Punkte beliebig angebracht werden. Deshalb wird auch mit der Zusammenstellung Fig. 515 ganz dieselbe Wirkung erlangt, und damit die Stellung der Lenkstangen AH nicht verändert zu werden braucht, können die Parallelstangen AE an der innern Seite der Stangen AG und DE angebracht werden. Aber wegen der tiefen Lage der Drehungspunkte H müssen nun auch die Lenkstangen AH gleichfalls an der so eben genannten inneren Seite der Stangen ED und AG angebracht werden können.

Endlich kann auch der Ort für die festen Drehungspunkte H an die andere Seite des Cylinders gebracht werden, so daß die Lenkstangen AH sehr kurz werden. Bei einer solchen Zusammensetzung hat man den Vortheil, daß die Stühle HI nicht auf oder an den Cylinder geschraubt zu werden brauchen, sobald zur Befestigung derselben die Ränder oder die flachen Leisten des Gestells der Maschine benutzt werden können. Aber die Verbindungsstangen müssen nun an einem andern Punkte des halben Balanciers, als an demjenigen, welcher in der Hälfte seiner Länge liegt, angebracht werden. Ist dieser Punkt gegeben oder willkürlich angenommen, so wird der Ort für den festen Drehungspunkt der Lenkstangen wie oben (Fig. 514) bestimmt. Etwas verschieden ist die Konstruction für den umgekehrten Fall, wenn nämlich bei einer bestimmten Stellung der festen Drehungspunkte der Lenkstangen die richtige Stellung der Verbindungsstangen ausgemittelt werden soll. Es sey wiederum

Digitized by Google

CD Fig. 516 die halbe Länge des Balanciers im horizontalen Stande; DE die Länge der niedersteigenden Stangen; E der Mittelpunkt des Querhaupts der Dampfkolbenstange, die in einer vertikalen Richtung bewegt werden soll, und H der richtige Ort für die festen Drehungspunkte der Lenkstangen. Man ziehe die Linien CE, CH; HM parallel mit CD; CM senkrecht auf CD. Man theile CM mitten in N; man ziehe NOP parallel mit CD, welche Linie CH im Punkte O schneidet. Man ziehe ferner OQ dergestalt, daß der Winkel POQ gleich dem Winkel POH werde; diese Linie OQ schneidet die Richtung CE im Punkte B. Endlich ziehe man durch B die Linie GBRA parallel mit CM, oder DE, so ist GA die verlangte Stellung der Verbindungsstangen und AH wird die Länge der Lenkstangen bezeichnen; denn durch die angegebene Konstruction wird der Hauptbedingung, daß nämlich AR = GB seyn müsse, Genüge gethan. Die Parallelstangen EF können an jedem Punkte beliebig angebracht werden; nimmt man jedoch den Punkt A als Verbindungspunkt, so wird die Zusammensetzung einfacher (vergl. Fig. 517).

Diese letzte Einrichtung des Parallelogramms differirt nicht von der bereits früher angegebenen und in Fig. 114, Taf. XII. beschriebenen; aber in dieser Figur ist der Anfügepunkt i der Verbindungsstange in der halben Länge des halben Balanciers angegeben, was nach Ausweis der eben jetzt mitgetheilten Konstruction ein Irrthum ist.

Wenn die Lenkstangen AH kurz sind und also die Drehungspunkte H nahe an der Mittelebene MC Fig. 516 liegen, so können die Verbindungsstangen AG entbehrt werden; alsdann ist die Konstruction die einfachste.

Digitized by Google

b. Wenn **A** Fig. 518 der Drehungspunkt und **CAL** die Richtung und Länge eines Balanciers ist, der über einem Dampfcylinder liegt und auf die gewöhnliche Weise eingerichtet ist, so daß der vordere Winkel **D** des Parallelogramms **CDGB** an die Dampfkolbenstange geschlossen ist und **DG** zugleich die Länge der Lenkstangen darstellt, so kann die Wirkung in keinem Theile verändert werden, wenn die Parallelstangen bis an **I** verlängert und durch die Stangen **KA** an den Mittelpunkt **A** geschlossen werden. Aber auf diese Weise muß auch die durchlaufende Parallelstange **DGKI** Fig. 519 als Balancier benutzt werden können, sobald **A** der feste Drehungspunkt bliebe und der Mittelpunkt **K** durch die Stange **AK** am Drehungspunkte **A** so zu sagen aufgehangen würde. Der eigentliche Drehungspunkt **K** des Balanciers ist deshalb beweglich und gestattet, daß das Ende **D** des Balanciers durch die Wirkung der Lenkstangen **GH** stets ziemlich genau in der vertikalen Richtung **Zz** erhalten wird. Streng genommen besteht deshalb bei dieser scheinbar verschiedenen Einrichtung kein Parallelogramm, aber die Wirkung muß genau einerlei seyn mit derjenigen, welche eintritt, wenn die Kolbenstange mittelst eines Parallelogramms mit einem Balancier mit einem festen Drehungspunkte verbunden wird.

Von einer andern Seite betrachtet, ist es bei der gewöhnlichen Einrichtung ganz einerlei, ob das Parallelogramm unter dem Balancier oder über demselben (wie in Fig. 512 bis 517) angebracht ist. Und hieraus geht wiederum hervor, daß die Zusammenstellung Fig. 519 auch umgekehrt werden könne, ohne daß sich die Wirkung im Geringsten verändert. Alsdann stützt sich der Balancier **DKI** (Fig. 520), welcher einen beweglichen Drehungspunkt **K** hat, auf die vertikal gerichtete Stange **AK**, welche selbst um

Digitized by Google

den festen Punkt **A** drehbar ist, und es entsteht auf diese Weise eine Zusammensetzung, derjenigen vollkommen gleich, welche Evans für seine Dampfmaschinen angewendet hat (vergl. besonders Fig. 78, Taf. VIII., wie auch dasjenige, was bereits in Art. 257 abgehandelt ist).

Der Verbindungspunkt **G** der Lenkstangen mit dem Balancier ist in der halben Länge **DK** des halben Balanciers gelegen, wenn die festen Drehungspunkte **H** der Lenkstangen in der Ebene der Bewegung der Dampfkolbenstange, oder des Endes **D** des Balanciers angebracht sind. Der Ort dieser Drehungspunkte wird sich deshalb verändern, sobald sie mit einem andern Punkte des Balanciers verbunden werden, wie umgekehrt einem andern Orte für die festen Drehungspunkte auch ein anderer Verbindungspunkt mit dem Balancier entspricht. Man nehme z. B. an, daß in dem Stande **DKI** Fig. 521 des Balanciers die festen Drehungspunkte der Lenkstangen sehr gut in die vertikale Richtung **zz** gebracht werden können. Um alsdann die Verbindungspunkte dieser Stangen mit dem Balancier zu bestimmen, werde dieselbe Konstruction angewendet, welche in Fig. 516 ausgeführt ist. Deshalb ziehe man **AH** und **AD**; man theile die Höhe **AK** der Unterstützungsstange in der Mitte; man ziehe durch diese Mitte die Linie **abc** parallel mit **DK**, ferner **bd** dergestalt, daß der Winkel **dbc** = dem Winkel **cbD** werde; endlich ziehe man **dG** senkrecht auf **DK**, und der Punkt **G** wird der gewünschte Verbindungspunkt seyn.

Weil der Balancier einen beweglichen Drehungspunkt **K** hat, so wird der Seitendruck, den die wirkende Kraft und die Bewegung oder das Schwanken der Kurbelstange (welche in **I** oder in einem andern Punkte mit dem Balancier verbunden ist) ausüben,

Digitized by Google

weniger von diesem Drehungspunkt, als vielmehr von den festen Drehungspunkten **H** der Lenkstangen empfunden. Diese Drehungspunkte erfordern deshalb eine sorgfältige Befestigung oder Versicherung. Gleichfalls müssen die Lenkstangen **HG** und auch die Stützstangen **AK** ein reichliches Uebermaas von Stärke besitzen, weil besonders die ersten alle Stöße müssen ertragen können, die wegen der Beweglichkeit des Drehungspunkts **K** gegen dieselben ausgeübt werden können, wenn der Widerstand der Last sich plötzlich vermehren oder vermindern sollte. Es ist dann auch nicht rathsam, daß die beschriebene Einrichtung an Maschinen angewendet werde, die nicht mehr zu denen von kleinem Kaliber gehören. Auch ist sie für die kleinsten Maschinen, die nur ein Vermögen von etwa zwei Pferdekräften besitzen, niemals zu empfehlen. Jedoch kann man auch, wenn man dieser Einrichtung vor der gewöhnlichen den Vorzug gegeben hat, ganz einfach, nämlich ohne Anwendung von Lenkstangen, die verlängerte dickere Kolbenstange **PQ** Fig. 522 in einem festen Auge **Q** leiten, oder durch eine solche Leitung die Wirkung leichterer Lenkstangen befördern und sichern.

c. Es gibt endlich noch eine besondere Art, die geradlinige Bewegung der Dampfkolbenstange ohne ein eigentliches Parallelogramm zu leiten. Sie ist bereits in Art. 51. Abth. II. Theil II. angegeben. Wenn nämlich das Ende **C** der Kolbenstange **CD** Fig. 623 mit dem einen Ende **B** eines Balanciers **BA** verbunden wird, — wenn ferner die Verbindungsstangen **CB** an jeder Seite des Balanciers verlängert sind, so daß die Arme **BC** und **BE** dieselbe Länge haben — und wenn endlich die Bewegung des Bolzens **E**, welcher die obern Enden der Verbindungsstangen an einander schließt, beschränkt wird durch die Lenkstangen **EF**, welche ihre festen Dre-

Digitized by Google

hungspunkte in E haben, — so wird bei keiner ausgebreiteten Winkelbewegung des Balanciers die Bewegung der Kolbenstange beinahe in der vertikalen Linie CD ihre Richtung behalten.

Diese Wirkung ist um so genauer, je mehr man den beiden Armen BC und BE der Verbindungsstangen eine größere Länge geben kann; aber alles hängt dann ferner ab von der gehörigen Länge der Lenkstangen EF. Um diese Länge festzusetzen, befolge man die in andern Fällen ebenfalls gebräuchliche Konstruction, man zeichne nämlich den Balancier AB Fig. 524 in dem äußersten und mittlern Stande, — man bestimme die Punkte a, E und c, in welchen bei den genannten Ständen das obere Ende E der Verbindungsstange EBC sich befinden muß — und dann suche man den Mittelpunkt m des Kreises, welcher durch jene Punkte läuft; dieser Punkt wird der Ort für die festen Drehungspunkte der Lenkstangen seyn, und diese Stangen selbst müssen die Länge Em haben.

Wenn AB Fig. 525 und 526 ein Balancier ist, mit einem gewöhnlichen Parallelogramm, an dessen unteren Vorderbolzen C die Kolbenstange geschlossen ist, so muß der Punkt E der Hinterstangen FD eben so wie der Punkt C der Vorderstangen beinahe vertikal bewegt werden. Auf die gewöhnliche Weise wird die beinahe vertikale Bewegung des Punkts E mit Lenkstangen erlangt, welche die Bewegung des hintern Winkels D bestimmen. Aber hierzu kann auch das vorliegende Mittel angewendet werden. Denn verlängert man die Hinterstangen DF, so daß FG = FE wird, und bestimmt man nach der Konstruction Fig. 524 den Drehungspunkt H der Lenkstangen GH, so wird durch die Wirkung dieser Lenkstangen die vertikale Bewegung des Punkts C ziemlich genau bestimmt. Eine solche Zusammensetzung

Digitized by Google

kann die Bequemlichkeit einer bessern Stellung der Stühle für die Drehungspunkte der Lenkstangen geben, weil es häufig leichter ist, in der Nähe des Drehungspunkts A' des Balanciers einen Stützpunkt zu finden oder anzubringen, als in größerer Entfernung davon. Von einer andern Seite jedoch wird die Genauigkeit der Wirkung geringer, als wenn man die Bewegung des Punkts C unmittelbar mit Lenkstangen EF Fig. 523 beschränkt, weil zuerst die Abweichungen von der geradlinigen Bewegung größer sind, als sie bei einer gewöhnlichen Zusammensetzung von Lenkstangen CD und AF Fig. 525 werden können, und zweitens, weil sie für den Punkt C immer in Verhältnissen von AB zu AF zunehmen müssen.

269. Diese Betrachtungen haben bis jetzt weiter keinen Zweck gehabt, als anzugeben, wie die Stange eines Dampfkolbens mit dem einen Ende eines Balanciers verbunden werden kann, damit die Richtung ihrer Bewegung so viel wie möglich geradlinig bleibe. Es muß auch noch Rücksicht genommen werden auf die eigentliche Art, wie die Dampfkolbenstange mittelst eines Balanciers einer Betriebswelle Bewegung mittheilen kann. Diese Betrachtung kann ganz kurz seyn, weil auf das am meisten gebräuchliche und auch einfachste Mittel bereits mehrmals verwiesen worden ist. Dieses Mittel besteht nämlich in einer Kurbel an dem einen Ende der in Umdrehung zu setzenden Welle, auf welche das andere Ende des Balanciers durch eine Kurbelstange wirkt (vergl. die Fig. 29, 79, 114, 487 bis 494).

Die Kurbelstange kann auf verschiedene Weise gestaltet werden und in diesem Betreff wird es ausreichend seyn, auf die Betrachtung der eben genannten Figuren zu verweisen. Ihre Länge sey nicht zu gering und zwar nicht kleiner, als die fünf- oder sechsfache Länge der Kurbel, folglich $2\frac{1}{2}$ oder 3 Mal

Digitized by Google

der Länge des Dampfkolbenlaufes gleich (Art. 249), es müßten denn Umstände der Oertlichkeit oder der Einrichtung eine solche Länge nicht zulassen. Die Dicke dieser Stange soll im VIII. Kapitel durch Berechnung bestimmt werden.

Das obere Ende der Kurbelstange ist gabelförmig (Fig. 527 Nr. 1 und 2) und umfaßt das Ende des Balanciers, um so mit ihm verbunden werden zu können, daß die Stange in der vertikalen Ebene bleibt, welche durch die Mitte der Breite des Balanciers gelegt werden kann, oder mit andern Worten, daß die Kurbelstange gerade unter dem Balancier hänge. Die Zapfen, an welchen die Schenkel des gabelförmigen obern Endes der Stange hängen, bestehen entweder aus einem durchlaufenden Bolzen, welcher in das Ende des Balanciers befestigt ist (Fig. 487 bis 489, 493 und 494); oder, was besser ist, sie sind die Zapfen einer Büchse, Fig. 500 Nr. 2, drehbar um das runde Ende des Balanciers Figur 490 bis 492. Um diese Zapfen werden metallene Lager in Hälse gelegt und mit Bändern a b c an die Schenkel der Gabel befestigt. Diese Art der Verbindung kann jedoch auf verschiedene Weise modificirt werden (vergl. die angegebenen Figuren). Die Kurbelstange besitzt die meiste Stärke, wenn sie aus einem Stück gegossen wird. Es können jedoch Stangen und Gabel abgesondert bestehen, sobald sie nur alsdann unverrückbar mit einander verbunden werden; und die Gabel kann auch beinahe auf dieselbe Weise, als der vordere Theil eines Parallelogrammes eingerichtet werden. Das untere Ende d der Kurbelstange muß die metallenen Lager enthalten, welche um die Warze f der Kurbel A B geschlossen werden sollen. Hierzu kann dieses untere Ende eben so, wie die Schenkel der Gabel des obern Endes, eingerichtet werden, so daß nämlich die metallenen Lager, nach-

Digitized by Google

dem sie um die Kurbelwarze gelegt sind, mit einem Bande festgeschlossen werden. Aber wegen der veränderlichen Richtung, in welcher die Kurbelstange auf die Kurbelwarze wirkt, muß eine solche Verbindung eine ungewöhnliche Versicherung erhalten, und wo es einigermaasen möglich ist, lasse man den Umfang des untern Endes massiv (wie die Figur darstellt) und schließe die metallenen Lager mit einem Stifte fest. Im Fall die Kurbel so zu sagen die Köpfung einer Achse ist, die an jeder Seite der Dampfmaschine verlängert wird, kann man diese Einrichtung nicht anwenden, und die Verbindung geschieht alsdann mit einem Band, oder besser noch auf die Weise, welche in Fig. 114 Taf. XII. dargestellt ist, jedoch, wenn dieses nicht nothwendig ist, ohne ein Verbindungsstück WY Fig. 114 und 115. Denn daß man ein solches Stück bei Dampfmaschinen auf Dampfschiffen anwendet, hat zum Zweck: 1) die Absonderung der besondern Theile der Hauptwelle, ohne daß es nothwendig ist, die Kurbeln durch dieselbe Kurbelwarze zu verbinden; 2) die bequemere Stellung der Achse und der Verbesserung dieser Stellung, wenn die Richtung ihrer Theile durch die Form der Theile des Dampfschiffes verändert werden sollte. Auf dem Lande hat man solche Veränderungen nicht zu fürchten, und eine solche Vorsorge, wie die eben genannte, braucht deshalb nicht getroffen zu werden.

Die Kurbelwarze f ist ein rundgedrehter Bolzen von geschmiedetem Eisen und manchmal verstählt. Dieser Bolzen wird in eine ganz runde Oeffnung eingelassen, welche am Ende der Kurbel gebohrt worden ist; sie wird in dieser Oeffnung mit einem Stifte unverrückbar befestigt. Man kann sie auch einschrauben, aber auch dann wird die Befestigung mit einem Stift oder Nagel nicht unterlassen. Die Kurbelwarze hat an dem vorragenden vordern Ende einen vortre-

Digitized by Google

tenden Knopf g, durch welchen das Anlegen der metallenen Lager der Kurbelstangen und mit diesen die Kurbelstange selbst gesichert wird. Um nun das untere Ende der Kurbelstange um die metallenen Lager schließen zu können, nachdem sie um die Kurbelwarze gelegt sind, muß der Durchmesser des Knopfes oder der eigentlichen Warze g kleiner seyn, als die Breite des offenen Theiles der Kurbelstange, in welchen die metallenen Lager geschlossen werden müssen. Um diese Anfügung jedoch zu erleichtern, kann die Kurbelwarze f bis zu einer durchgängig gleichen Dicke abgedreht und das Festschließen auch durch einen losen Nagel statt eines festen Knopfes bewirkt werden, sobald nur zwischen den Nagel und die metallenen Lager ein Schließring gelegt wird. Um auch einen solchen Nagel nicht zu bedürfen, gibt man manchmal der Kurbelwarze eine kugelförmige Gestalt p Fig. 527 Nr. 3 in der Mitte; denn wenn die metallenen Lager des untern Endes der Kurbelstange dieser runden Form entsprechend ausgedreht sind, so können sie, nachdem sie um die Warze p geschlossen sind, nicht abgeschoben werden. Aber bei dieser Form wird die Abnutzung der Kurbelwarze und das Ausschleifen der Lager häufig sehr ungleich, was zum wesentlichen Nachtheil des sanften Ganges der Maschine gereicht. Man gebe deshalb cylindrischen Kurbelwarzen mit schwachen Knöpfen am Ende (denn man kann auch die Knöpfe in der Mitte des Zapfens anbringen) den Vorzug.

Die Kurbel **AB** am Ende der Welle **C** ist an der vordern Seite immer flach, und das Ende der genannten Achse ragt auch nicht vor, so daß das untere Ende der Kurbelstange ungehindert vorbeistreichen kann. Die hintere Seite ist mit Rippen verstärkt, oder läuft nach der Achse breit aus, wo die Dicke **hi** Fig. 527 Nr. 2 manchmal das Doppelte der

Digitized by Google

Dicke fk am obern Ende betragen kann. Hierdurch wird die Kurbel nicht allein sehr verstärkt, sondern bekommt auch zugleich eine längere anschließende Oberfläche am Ende der Welle, wodurch die Festigkeit der Verbindung in jeder Hinsicht vermehrt wird. Die stärkste Verbindung der Kurbel mit der Welle besteht, wenn das Ende der Achse viereckig ist und die Kurbel um dasselbe genau schließt. Die Bearbeitung erfordert große Genauigkeit, und alles kommt auf das saubere Gießen der Stücke an, denn, wenn die viereckige Form der Achse, oder das viereckige Loch der Kurbel weniger genau in einander passen, so ist es sehr schwierig und manchmal unmöglich, dem Mangel abzuhelfen. Darum wählt man häufig ein rundes Ende der Achse und ein rundes Loch in der Kurbel, da die runde Bearbeitung auf der Drehbank mit großer Zuverlässigkeit und Genauigkeit ausgeführt werden kann. Und um nun die Kurbel mit der Welle fest zu verbinden, werden in den Oberflächen beider halbrunde oder halbviereckige Rinnen ausgespart, in welche, nachdem die Kurbel aufgezogen ist, starke stählerner Nägel m Fig. 527 Nr. 1 getrieben werden. Mit einem solchen Nagel wird der erwähnte Verband sehr erleichtert; für eine weniger nachtheilige Wirkung der Torsion sind indessen zwei Nägel besser; aber erst drei Nägel ins sogenannte Dreieck gebracht, machen die Verbindung vollkommen.

Die Kurbel kann sehr vortheilhaft durch eine gußeiserne Scheibe A B Fig. 528 Nr. 1 und 2 ersetzt werden, in welcher in schicklichem Abstande vom Mittelpunkte der Welle C der Zapfen A (der von einer Kurbelwarze nicht verschieden ist) befestigt wird. Die Stärke einer solchen Scheibe ist viel größer, als diejenige einer Kurbel. Obgleich sie an der Nabe oder über der Achse eine mäßige Dicke haben muß, damit sie sicher anschließe, so ist eine sehr geringe

Digitized by Google

Dicke am Umfange immer ausreichend, sobald sie an der Hinterseite mit 4 oder 6 Rippen verstärkt wird, und an der Stelle, wo der Zapfen A eingelassen ist, eine größere Dicke hat. Ein anderer Vortheil kann in der gleichen Schwere der Theile der Scheibe rings um den Mittelpunkt der Achse bestehen, während die ganze Schwere der Kurbel, — die nur auf der einen Seite der Achse sich befindet und an der gegenüberliegenden nicht balancirt wird, — bald als Uebergewicht, bald als Balast wirken muß. Und weil auch eine solche gegossene Scheibe ohne bedeutende Vermehrung der Schwere der Theile und auch ohne alle Furcht vor dem Zerbrechen derselben immer da benutzt werden kann, wo man theure geschmiedete Kurbeln statt gegossener anwenden muß, so darf man sich mit Recht verwundern, daß von diesem zweckmäßigen Mittel, welches James Watt mehrmals angewendet hat, und welches auch mit geringer Modifikation zum Treiben der Räder der Lokomotiven angewendet wird, so selten Gebrauch gemacht wird. Die Scheibe kann geformt seyn wie ein Rad, in dessen Felge der Zapfen oder Bolzen A fest eingelassen ist; der Umfang des Rades kann unmittelbar zur Fortpflanzung der Bewegung durch Schnuren oder Riemen ohne Ende, oder auch auf die Weise benutzt werden, daß man ihm eine Verzahnung gibt; — und unter kleinerer Dimension kann auch die Scheibe außer dem Mittelpunkte auf das Ende der Welle gezogen seyn, um der örtlichen Gelegenheit entsprechend, als excentrische Scheibe zu dienen.

Die Länge der Kurbel vom Mittelpunkte der Kurbelwarze bis zum Mittelpunkte der Welle gerechnet, sey gerade gleich der Hälfte des Dampfkolbenlaufes, jedoch in der angenommenen Voraussetzung, daß der Balancier gleiche Arme hat, oder daß der Verbindungspunkt der Kurbelstange gleichweit vom

Digitized by Google

Drehungspunkte des Balanciers entfernt sey, wie der Verbindungspunkt der Dampfkolbenstange. Diese Bestimmung, obgleich die zweckmäßigste, ist jedoch keineswegs unveränderlich; denn die Arme des Balanciers können für irgend einen Zweck ungleich seyn, — oder der Verbindungspunkt der Kurbelstange liegt vielleicht näher am Drehungspunkte des Balanciers, als am Verbindungspunkte der Dampfkolbenstange (man vergl. die Figg. 78 Taf. VIII. und 494 Taf. XXVIII.); und die Länge der Kurbel werde alsdann soviel kleiner, als der halbe Kolbenlauf, um wieviel der Hebelarm der Kurbelstange kürzer ist, als der Arm der Kolbenstange.

Die Dimension in Breite und Dicke der Kurbel, wie auch die Dicke der Welle wird im letzten Kapitel durch Berechnung angegeben, und hinsichtlich der verschiedenen Formen des Umfanges und Durchschnittes kann man die Figuren zu Rathe ziehen, wie auch dasjenige, was über die Kurbeln im II. Theile II. Abthlg. 2. Kap. §. 3. Art. 29 ffg. bereits vorgetragen ist.

Während das Ende des Balanciers in einem Kreisbogen abwechselnd auf- und niederbewegt wird, schwankt die Kurbelstange hin und her. Der Mittelpunkt des Bolzens, an welchem das gabelförmige obere Ende hängt, weicht also unaufhörlich von der Vertikallinie ab. Damit nun die Mittheilung der Bewegung so gleichmäßig wie möglich sey, nehme man Rücksicht auf die relative Richtung des Endes des Balanciers und der Welle, damit im höchsten und im tiefsten Stande der Kurbelwarze die Richtung der Kurbelstange vollkommen vertikal sey. Der Mittelpunkt der Welle muß deshalb in der Vertikallinie liegen, welche durch die beiden Enden des Bogens läuft, den der Mittelpunkt des Bolzens beschreibt, an welchem das gabelförmige obere Ende der

Digitized by Google

Kurbelstange hängt. Für die eben genannte Vertikallinie kann man auch die Linie nehmen, die durch die Mitte der Kreisbogen läuft, welche über und unter der horizontalen Richtung des Balanciers beschrieben werden; weniger gut würde es indessen seyn, die vertikale Tangente zur Richtungslinie für den Mittelpunkt der Welle anzunehmen. Die Berechnungen und Ergebnisse, welche im vorigen Paragraphen Artikel 249 und 250 vorgetragen und entwickelt worden sind, — hinsichtlich der Veränderlichkeit der Bewegung des Dampfkolbens, wenn sich die Kurbel regelmäßig umdreht, und hinsichtlich der Veränderlichkeit der Hebelarme, auf welche die Kraft wirkt, um die Kurbel in Umdrehung zu setzen, — würden auch hier ohne einige Verbesserung anwendbar seyn, wenn die Richtung der Bewegung des Verbindungspunktes der Kurbelstange nicht von der vertikalen Richtungslinie abwiche. Diese Abweichung ist jedoch zu gering, als daß, wenn man dieselbe in Rechnung bringen wollte, die oben genannten Ergebnisse eine bedeutende Veränderung erfahren sollten. Man kann sie deshalb auch in dem vorliegenden Fall anwenden, und deshalb den Hebelarm, mit welchem die Betriebswelle regelmäßig in Umdrehung versetzt, wird $= \frac{3}{5}$ der Länge der Kurbel, oder $= \frac{3}{10}$ der Länge des Kolbenlaufes setzen.

270. Die Axe, welche durch die Kurbel in Umdrehung versetzt wird, und deren horizontale Richtung einen rechten Winkel mit der Richtung des Balanciers macht, kann als eine erste oder Hauptwelle betrachtet werden, welche die Bewegung auf andere Maschinen, oder auf arbeitende Theile fortpflanzt. Die Bewegung dieser Welle wird durch ein schweres gußeisernes Schwungrad regulirt. Den Nutzen dieses Schwungrades anlangend, ist früher schon dargethan worden, daß dasselbe, weit entfernt, die Kraft

Digitized by Google

zu vermehren (denn 100 Schwungräder müßten auch eine hundertfache Vermehrung der Kraft zuwege bringen, und dieser verkehrte Begriff müßte wiederum ein neuer ungereimter Grund für die ewig dauernde Bewegung seyn), im Gegentheil einen Theil der bewegenden Kraft in Anspruch nimmt, um fortdauernd bewegt zu werden und die durch sein Gewicht erzeugte Reibung zu überwinden. Durch ein solches Schwungrad kann die Bewegung der Welle blos hinlänglich regelmäßig werden. Ohne dasselbe würde die Aufeinanderfolge einer plötzlich veränderten, doch bald wieder hergestellten Dampfspannung einen merkbaren Einfluß auf den Gang der Maschine ausüben, und die Veränderlichkeit des Hebelarmes, mit welchem die Kurbelstange auf die Kurbel wirkt, muß sichtliche Unregelmäßigkeit der Bewegung verursachen, so daß der Fall eintreten könnte, daß diese Bewegung nicht fortdauerte, wenn sich die Kurbel in einem der sogenannten todten Punkte befände. Diese Unregelmäßigkeiten nun sind es, welche durch den Umlauf des Schwungrades größtentheils beseitigt werden können. Die Kraft, welche in dem einen Augenblick in größerem Maase wirksam ist, die Welle zu treiben, als in dem andern, wird so zu sagen vom Schwungrad in Empfang genommen und in dem andern Augenblicke (wenn nämlich die Kraft unzulänglich seyn sollte) wiederum zurückgegeben. Mit einem Worte, es werden in den auf einander folgenden Augenblicken jeder Umdrehung die verschiedenen Maase oder Grade der Kraft durch die Wirkung des Schwungrades gleich oder ziemlich gleich vertheilt. Man kann deshalb sagen, daß das Schwungrad Kraft erspart, ohne jedoch Kraft zu geben; — daß es Kraftverschwendung verhindert, indem es der Veränderlichkeit der Bewegung entgegenwirkt, — daß ohne dasselbe die Wirkung weniger gleich, weniger sicher und weniger ge-

Digitized by Google

nügend seyn würde; — und daß auch durch dasselbe, als durch eine Ursache der Ordnung und Regelmäßigkeit die Haltbarkeit der Maschine befördert wird.

Die Geschwindigkeit der Umdrehung der ersten oder Hauptwelle ist aus der Zahl der Dampfkolbenspiele unmittelbar bekannt. Ist diese Geschwindigkeit für das unmittelbare Treiben der Maschine genügend, so wird auch das Schwungrad auf diese Welle gezogen. Dieses ist der einfachste Fall; aber in demselben werden auch der Durchmesser und die Schwere des Schwungrades am größten. Fehlt es an Raum, um dem Schwungrad einen großen Durchmesser zu geben, — werden die Kosten für das Mauern einer Rinne, in welcher das Schwungrad unter der Oberfläche des Bodens umläuft, zu groß, — ist die Schwere des Rades zu bedeutend, um es unmittelbar auf die erste Welle aufzuziehen, — so kann auch ein kleineres und weniger schweres Rad dem Zweck entsprechen, sobald es auf eine zweite Welle aufgezogen ist, welche von der ersten und zwar mit einer verhältnißmäßig größern Geschwindigkeit durch Räderwerk getrieben wird (vergl. Fig. 491). Bei einer solchen Stellung des Schwungrades wird auch etwas Raum in der Länge gewonnen. Aber auch aus andern Gründen kann sich die Anwendung eines kleinern Schwungrades an einer geschwinder umlaufenden Welle nothwendig machen. Denn wenn die Hauptmaschinen, welche auch den meisten Widerstand darbieten, mit größerer Geschwindigkeit getrieben werden müssen, als sie unmittelbar von der ersten Welle erlangen können, so ist eine zweite Welle, welche durch die erste mit Räderwerk getrieben wird, unvermeidlich; und die Art der zu verrichtenden Arbeit, oder die Sicherheit des guten Ganges der zu treibenden Maschinen machen alsdann das Aufziehen eines kleinern Schwungrades auf diese zweite Welle häufig noth-

Digitized by Google

wendig. Eben so ist, wenn die arbeitenden Theile in Verbindung stehen, mit einer Welle, welche schneller, als die erste umläuft, aber von ihr getrieben wird, und wenn der Gang mit der Maschine Stöße oder Rucke bemerken läßt, ein kleineres Schwungrad auf der zweiten Welle rathsamer, als ein größeres auf der ersten Welle. Und so können noch andere Fälle eine ähnliche Modifikation herbeiführen. Man lasse hierbei nicht unberücksichtigt, daß in diesen Fällen die zweite Welle eigentlich die Betriebswelle ist; aber auch von der ersten Welle lassen sich immer noch andere Bewegungen ableiten. Denn könnte sie für diesen Zweck an der Seite des Schwungrades nicht verlängert werden, so ist eine Verlängerung an der andern Seite doch in der Art möglich, daß die Kurbelwarze mit einer zweiten Kurbel verbunden wird, die an einer Welle sitzt, welche in die verlängerte Richtung der ersten Welle gebracht ist, und an welche im Falle der Noth ein zweites Schwungrad aufgezogen werden könnte ꝛc.

Was die Bestimmung der Größe der Schwungräder, ihrer Stellung entsprechend, und das Kaliber der Dampfmaschinen, ferner die Art der Fortpflanzung der Bewegung und der Verrichtung der Arbeit anlangt, so verweisen wir auf das letzte Kapitel.

Es würde zu langweilig seyn, uns über die verschiedene Art ausführlich zu verbreiten, wie die Schwungräder aus besondern Stücken zusammengesetzt werden können, und wie sie sich auch, je nachdem sie mehr oder weniger groß sind, leichter transportiren lassen ꝛc. Von der Zusammenfügung dieser Stücken mit genau schließenden Verbindungsmitteln und von der Befestigung derselben mit Schraubenbolzen kann man sich eine ziemlich deutliche Vorstellung machen, wenn man die gegebenen Abbildungen der Dampfmaschinen betrachtet und nochmals liest, was im II. Theil über

Digitized by Google

die Verbindung der Speichen, Felgen und Naben der Räder mitgetheilt worden ist.

Manchmal wird das Schwungrad unnöthig, wie z. B. an den Dampfmaschinen der Dampfschiffe, denn durch die Umdrehung der Schaufelräder und durch den Gang des Schiffes selbst wird die Regelmäßigkeit der Bewegung mehr oder weniger befördert. Dieses ist um so mehr der Fall, wenn, wie man auch meistentheils findet, die Welle der Schaufelräder durch die vereinigte Wirkung von zwei Dampfmaschinen umgedreht werden. Die Richtungen der beiden Kurbeln machen alsdann einen Winkel von 90° (manchmal von 100 bis 120°), so daß die eine Dampfmaschine immer mit dem größten Hebelarm auf die Welle wirkt, wenn die Kurbel der andern Maschine sich in einem todten Punkte befindet. Und für die regelmäßige Fortbewegung von Dampfwagen auf Eisenbahnen würde die Anwendung der Schwungräder nicht allein ganz überflüssig, sondern auch beschwerlich seyn.

271. Die Kurbel war eins der ersten Mittel, welches sich dem hellen Geiste des James Watt darbot, bis er bei der Verbesserung seiner Maschinen von einfacher Wirkung auf die Idee kam, aus der abwechselnden Bewegung des Dampfkolbens eine rotirende Bewegung abzuleiten. Im Drange anderer Geschäfte versäumte er, sich das Recht der Erfindung durch ein Patent zu sichern. Ein Anderer, der inzwischen entweder den Gedanken Watt's hatte kennen lernen, oder auf dieselbe Idee gekommen war, bekam ein Patent über die Erfindung mittelst einer Dampfmaschine mit Hilfe einer Kurbelstange und einer Kurbel eine rotirende Bewegung zu erzeugen, so wie diese Mittel bereits an der Drehbank angewendet waren, wo mit einem Fußtritt die Spindel in Umlauf versetzt wird.

Digitized by Google

Um nun während der Dauer des Patentes für eigne Anwendung keinem Andern zinsbar zu seyn, ersann Watt verschiedene andere Mittel zur Erreichung desselben Zweckes. Unter diesen genügte ihm eine Verbindung von zwei Zahnrädern, die er Sonnen- und Planetenrad nannte. Mit dieser Verbindung verhält es sich folgendermaasen:

An das Ende B Fig. 529 Nr. 1 des Balanciers AB ist eine Stange BC wie eine gewöhnliche Kurbelstange geschlossen. An dem flachen unteren Ende C dieser Stange ist ein Rad F befestigt. Die Zähne dieses Rades greifen in diejenigen eines Rades E, welches auf das vorragende Ende D einer Welle gezogen ist, deren Mitte in der vertikalen Richtung BD liegt, welche durch den Drehungspunkt B des obern Endes der Kurbelstange läuft. Beide Räder E, F sind gleichgroß, und der Durchmesser derselben auf dem Theilkreise, oder auch die Entfernung CD von ihren Mittelpunkten muß dem halben Laufe des Dampfkolbens gleich seyn. Das Rad E heißt das Sonnenrad; das Rad F, welches um das Rad E laufen soll, heißt das Planetenrad. An der andern Seite (siehe Fig. 529 Nr. 2) hat das Rad F einen Zapfen a, der sich lose drehen kann in dem entsprechenden Auge eines Armes GH, welcher gleichfalls um einen vorragenden Theil des runden Halses D der Welle liegt, so daß dieser Arm in keiner festen Verbindung mit der Welle sich befindet, sondern blos dazu dient, daß das Planetenrad sich vom Sonnenrade nicht entfernen kann, sondern stets mit demselben in Berührung bleibt. Während nun das Ende B des Balanciers auf- und niedergeht, schwankt die Stange BC wie eine Kurbelstange hin und her; da nun der Mittelpunkt des Planetenrades F mit der Stange BC verbunden ist, aber durch den Verband der Stange GH Fig. 529

Nr. 2 nicht von der Welle D entfernt werden kann, so muß es nothwendig im Umfange des Kreises C b d e umgeführt werden. Die Zähne des Planetenrades F werden also beständig gegen die Zähne des Sonnenrades E gedrückt; da das Planetenrad F an der Stange B C befestigt ist, so kann es sich nicht um seinen Mittelpunkt drehen *), aber für das Sonnenrad E ist diese Bewegung möglich. Deshalb wird das Sonnenrad E und mit demselben die Welle D umgedreht; aber während E durch F in einer gewissen Extension, z. B. in einer Extension von 45° umgetrieben wird, wird auch das Rad F auf eine gleiche Extension in seinem Kreise b d e verrückt, weshalb das Rad E auch noch einen zweiten Bogen von 45° beschreibt. Die Geschwindigkeit der Umdrehung von E wird deshalb doppelt so groß, als die Umdrehungsgeschwindigkeit von F seyn; d. h. die Welle D wird zweimal umlaufen, während das Planetenrad F einen Kreis b d e beschreibt, oder während der Dampfkolben einmal auf- und niedergeht. Diese Wahrheit läßt sich noch auf eine andere Weise demonstriren. Da sich nämlich das Rad F nicht um seine Achse drehen kann, so kann man es betrachten als eine kreisförmige Zahnstange, die sich in dem Ringe b d e fortsetzt. Wenn eine gewöhnliche gerad-

*) Dasselbe Mittel ist bereits beschrieben Theil II. Abtheilung II. Kap. 3. §. IV. Art. 44. Jedoch ist die Beschreibung darin unrichtig gegeben, daß sich das Planetenrad frei um seinen Zapfen umdrehen könne. Wäre dieses der Fall, so würde zwar das Rad F um das Rad E herumgeführt werden, aber der Welle würde keine Bewegung mitgetheilt werden. Das Rad F soll um seinen Zapfen gedreht werden, wegen des Widerstandes am Umfange E, während es gerade dieser Widerstand ist, der überwunden werden muß, und weshalb dann auch das Rad F nicht weichen können darf.

Digitized by Google

linige Zahnstange, durch eine gewisse Extension, z. B. durch diejenige einer niederländischen Elle geführt wird, so muß auch irgend ein Punkt vom Umfange des Rades oder des Getriebes einen gleichgroßen Weg zurücklegen. Während nun die kreisförmige Zahnstange F den Kreis b d e hinabläuft, so muß die Länge des Weges, den ein Punkt am Umfange des Rades E zurücklegt, gleich seyn der Länge des Ringes b d e. Und für diesen Zweck muß sich das Rad E zweimal umdrehen, weil der Durchmesser des Kreises b d e dem doppelten Durchmesser des Rades E gleich ist.

Durch Vermittlung eines Sonnen- und Planetenrades wird nun eine Welle in Umdrehung gesetzt, so daß die Geschwindigkeit ihrer Umdrehung doppelt so groß seyn muß, als wenn die Bewegung mittelst einer Kurbel mitgetheilt würde. Und hierin, wie auch in dem Umstande, daß nun ein kleineres Schwungrad ausreichend ist, den Gang der Bewegung zu reguliren, liegt das Vortheilhafte der Anwendung dieses Mittels. Uebrigens besteht hier dieselbe Veränderlichkeit der Wirkung, als wenn die Bewegung durch eine Kurbel mitgetheilt wird. Wenn nämlich das Planetenrad F auf die horizontale Linie m n gerichtet ist, welche durch den Mittelpunkt der Welle D läuft, so werden dessen Zähne mit der größten Kraft auf das Rad E wirken; ist es jedoch in die vertikale Richtung p q, d. h. in den höchsten oder tiefsten Standpunkt gelangt, so ist auch die Wirkung gleich Null. Der größte Hebelarm der Kraft ist immer gleich dem Radius des Sonnenrades, da sich aber die Länge dieses Armes gleichfalls verändert, wie diejenige einer Kurbel, so muß man $\frac{3}{5}$ des Radius des Sonnenrades als mittlern Hebelarm annehmen.

Wegen dieser ungleichen Wirkung sind auch die Zähne beider Räder einer sehr ungleichen Abnutzung

Digitized by Google

terworfen. Diese Unannehmlichkeit wird dadurch rmindert, daß man bei gleichem Durchmesser der iden Räder am Umfange des Planetenrades einen hn mehr anbringt, als am Umfange des Sonnenes. Und wenn die Durchmesser der Räder von ander differiren, so muß man diese Differenz so llen, daß die beiden Quantitäten von Zähnen geseitig zwei untheilbare Zahlen werden *). Aber Abnutzung ist auch an sich selbst groß, so daß n dem Sonnenrade hölzerne Zähne gibt und ch Verlauf einer gewissen Zeit die beiden Räder setzt. Letzteres vermindert jedoch die Genauigkeit Wirkung, gerade wegen dieser Abnutzung, oder ch wegen der Erweiterung der Augen des Armes H Fig. 529 Nr. 2. Dieser nachtheilige Umstand nicht vorhanden, wenn die Welle mit einer Kur umgedreht wird, und er war auch der Grund, shalb James Watt, nachdem der Termin des n genannten Patentes abgelaufen war, die Anwenng einer Kurbel derjenigen des Sonnen- und Plaenrades vorgezogen hat. Um nun aber eine Welle t doppelter Geschwindigkeit zu treiben, und um gleich die Bewegung mit einem kleinen Schwunge reguliren zu können, muß die Bewegung von Kurbelwelle auf die Betriebswelle durch Räder-

*) Es ist in keiner Hinsicht nöthig, daß die Räder ei gleichen Durchmesser haben; diese Gleichheit wird erst hig, wenn die Welle genau zwei Umgänge bei jedem pelten Kolbenlaufe machen soll. Müßte diese Welle 1½ l umlaufen, so müßte der Radius des Sonnenrades = ⅔ Entfernung CD der Mittelpunkte seyn (und diese Entnung ist immer gleich dem halben Kolbenlauf), oder auch Radius des Sonnenrades müßte = 2 Mal dem Radius Planetenrades seyn. Für drei Umgänge der Welle D ßte der Radius des Sonnenrades = ¾ Entfernung CD r = ½ Radius des Planetenrades werden ꝛc.

werk fortgepflanzt und verdoppelt werden. Deshalb bekommt man in dergleichen Fällen eine Zusammensetzung, welche viel dauerhafter und fester ist, als diejenige eines Sonnen- und Planetenrades, nur aber nicht einfacher.

Man hat noch andere Mittel, um dieselbe Wirkung, wie mit einer Kurbel oder mit einem Sonnen- und Planetenrade hervorzubringen. Von diesen Mitteln sind manche an und für sich mangelhaft, oder weniger einfach und dauerhaft in der Wirkung, und andere, die mehr Anempfehlung verdienen, bedürfen keine Beschreibung, da sie aus den Beschreibungen verstanden werden können, die wir in §. I. und in der II. Abth. des II. Theils gegeben haben; doch meistentheils ersetzen sie die Kurbel oder das Sonnen- und Planetenrad nicht in allen Hinsichten, wie sich's gehört.

In diesem Artikel wird indessen blos über die gebräuchlichen oder angegebenen Arten gehandelt, wie man aus der abwechselnden Bewegung eines Dampfkolbens eine rotirende Bewegung ableitet. Um aber mit Hilfe der Dampfkraft eine rotirende Bewegung zu erzeugen, ist ein sogenannter Dampfkolben nicht unvermeidlich nothwendig. Einige Einrichtungen, die dazu dienen können, sind in den Verbesserungen und Zusätzen für die erste und zweite Abtheilung erwähnt, und die Maschine von Kier und Nancarrow dürfte z. B. in manchen Fällen vortheilhaft angewendet werden können. In derselben wird die Dampfkraft unmittelbar, d. h. ohne Dazwischenkunft eines Dampfkolbens zum Heben von Wasser benutzt, welches in das Gerinne eines oberschlächtigen Wasserrades ausgegossen wird. Auf diese Weise erlangt man die rotirende Bewegung durch sehr einfache Mittel. Auch ein unterschlächtiges Rad wird durch einen kleinen Theil des gehobenen Wassers getrieben werden können,

Digitized by Google

und zwar für den einzigen Zweck, um die Luftpumpe, die Wasserpumpen und 1 oder 2 Ventile dadurch zu steuern, wenn die Maschine ausschließlich zum Wasserheben benutzt werden müßte. In dem folgenden Theile soll das eine und das andere näher beleuchtet werden.

272. Bis jetzt ist immer vorausgesetzt worden, daß die Achse, auf welche die Bewegung des Dampfkolbens fortgepflanzt werden soll, eine horizontale Richtung und zwar von der Beschaffenheit habe, daß dieselbe mit derjenigen der Dampfkolbenstange einen rechten Winkel bildet. Diese Richtung kann jedoch von der vorausgesetzten differiren, so daß die angegebenen Mittel für die Mittheilung der Bewegung an sich selbst nicht mehr zureichen.

Bei der gewöhnlichen Dampfmaschine mit stehendem Cylinder macht die Richtung der Welle einen rechten Winkel mit der Richtung des Balanciers, und die Fortpflanzung der Bewegung durch eine Kurbelstange und Kurbel ist fest und ganz zweckmäßig. Aber wenn die Welle (immer horizontal) in derselben Richtung wie der Balancier, d. h. in der Längenrichtung der Maschine läge, so könnte man zwar die Kurbelstange mit einem doppelten Verbindungsgelenk an den Balancier hängen, und sie auf die gewöhnliche Weise mit der Kurbel verbinden, aber ein nachtheiliger Effekt würde die Folge dieser Einrichtung seyn. Zuerst geht das obere Ende der Kurbelstange nicht in einer geraden Linie, sondern in einem Kreisbogen auf und nieder, was auf die Kurbelwarze sehr nachtheilig wirkt, wie auch auf ihren nöthigen Schluß in den metallenen Pfannen der Kurbelstange, und dadurch endlich auf den festen Gang der Bewegung. Diese Unannehmlichkeit läßt sich hingegen dadurch beseitigen, daß man bewirkt, daß die Bewegung des genannten obern Endes in einer geraden Vertikallinie

erfolgt. Zum andern schwankt die Kurbelstange nun in einer Ebene, welche einen rechten Winkel mit der Ebene des Balanciers bildet. Dadurch wirkt aber die Kraft in einer weniger vortheilhaften Richtung, und noch nachtheiliger wird der gegen den Balancier ausgeübte Seitendruck. Deshalb muß das obere Ende, unabhängig von der Verbindung mit dem Balancier auf irgend eine Weise geleitet werden ꝛc. Unter diesen besondern Vorrichtungen, um die Bewegung der Kurbelstange zu leiten, wird die sonst einfache Einrichtung gar sehr complicirt. Und derselben ist, sowohl hinsichtlich der Dauerhaftigkeit, als wegen des bessern Effektes und des geringern Kraftverlustes bei weitem vorzuziehen, die Bewegung erst auf die gewöhnliche Weise auf eine Welle fortzupflanzen, welche nach der Breite der Maschine gerichtet ist, und alsdann von dieser Welle durch Anwendung von Kegelrädern die Bewegung auf die Welle fortzupflanzen, welche in der Längenrichtung der Maschine liegt. Dieses Verfahren kann als gemeine Regel aufgestellt werden und gilt deshalb auch, wenn die Welle schiefwinklig gegen die Maschine gerichtet ist, oder wenn die zu treibende Welle geneigt oder vertikal liegt, während gleichfalls die Richtung des Cylinders vertikal geneigt, oder horizontal seyn kann.

§. III.

Kurze Angabe gebräuchlicher Mittel, um aus der abwechselnden Bewegung eines Dampfkolbens andere abwechselnde Bewegungen abzuleiten.

273. Wenn die Bewegung des Dampfkolbens einer gewöhnlichen Dampfmaschine auf eine Welle fortgepflanzt ist, so kann die Bewegung der letztern durch bekannte mechanische Mittel in jeder Richtung

und in dem verlangten Maas auf andere Maschinen oder arbeitende Theile fortgepflanzt werden. Wird die Dampfmaschine aber einzig und allein benutzt, um einzelne Theile oder Lasten abwechselnd zu bewegen, so kann diese Bewegung häufig weit unmittelbarer aus derjenigen des Dampfkolbens abgeleitet werden. So kann die Kolbenstange einer Wasserpumpe unmittelbar verbunden werden mit der niedersteigenden Stange des Kolbens eines Dampfcylinders, welcher über den Pumpenstiefel steht; und es ist früher bereits dargethan worden, daß auf diese Weise, und wenn der Dampf mit mittlerem oder mit hohem Drucke wirkt, die Einrichtung der Dampfmaschine sehr einfach wird (II. Abth. V. Cap. §. V.). Die Pumpe kann eine Saugpumpe oder eine Druckpumpe seyn, und die Dampfmaschine muß von einfacher Wirkung seyn, es müßte denn die Pumpe eine Druckpumpe von doppeltem Effekte seyn. Im Nothfalle kann alsdann sowohl die Druckpumpe, als der Dampfcylinder eine horizontale Richtung bekommen.

Auf dieselbe Weise kann man auch eine Luftpumpe, die über dem Cylinder steht, in Thätigkeit setzen. Eben so kann ein Pumpenkolben, um Wasser zu heben, oder Luft auszutreiben, mit Hülfe eines Balanciers in Bewegung gesetzt werden; denn die Stange dieses Kolbens kann im Nothfall durch ein Parallelogramm mit dem andern Ende des Balanciers verbunden werden, damit ihre Bewegung gleich derjenigen des Dampfkolbens mit der größten Genauigkeit erfolge. So war z. B. die Einrichtung der Maschinen von einfacher Wirkung, welche ausschließlich benutzt wurden, um Grubenwasser zu wältigen, oder überhaupt, Wasser durch Pumpen zu heben; und so ist die Einrichtung noch, wo die genannten Maschinen mit Vortheil angewendet werden können. Mit geringer Modification bestehen für den-

Digitized by Google

selben Zweck die Maschinen von doppelter Wirkung. Die Komplikation ist zwar größer, und die Kosten der Aufrichtung sind ansehnlicher, wenn ein Balancier zwischen beide kommt, als in dem Falle, wo die Kraft mittelbar auf den Pumpenkolben wirkt, aber die Theile sind erreichbarer, — man kann dieselben fester, oder auch auf festere Grundlagen stellen, — sie können besser unterhalten werden und erfordern auch weniger Unterhaltung. Für Maschinen von niederem Druck und für solche von schwerem Kaliber läßt sich gleichwohl eine bessere Einrichtung angeben; denn ohne die Gegenwart eines Balanciers fehlt es an passender Gelegenheit, die Luftpumpe und die Kaltwasserpumpe gehörig in Thätigkeit zu setzen, oder man bedarf hiezu einen größern Kraftaufwand.

Nimmt man ferner Rücksicht auf Regelmäßigkeit der Bewegung, so ist auch die Anwendung eines Schwungrades rathsam. Wie z. B. Luft in Schmelzöfen durch Windpumpen oder sogenannte Cylindergebläse getrieben wird, so kann auch beim Wasserheben und bei andern abwechselnden Arbeiten die Regelmäßigkeit der Bewegung ein Haupterforderniß seyn. Alsdann ist ein Schwungrad unentbehrlich, obschon man für einige untergeordnete Zwecke eine rotirende Bewegung entbehren kann. Da übrigens Regelmäßigkeit der Bewegung zur Folge hat, daß keine oder sehr wenig Kraft verloren geht, und daß die Theile, welche stets in Bewegung sind, länger im guten Stande bleiben, so kann man ein Schwungrad selten als etwas Ueberflüssiges betrachten. Bei atmosphärischen Maschinen kann wohl eine Ausnahme stattfinden, wegen des weniger schnellen Laufes des Kolbens und der einfachern Zusammensetzung der Maschine; weniger dagegen kann sie gestattet werden bei Maschinen von einfacher Wirkung; und bei fest-

Digitized by Google

stehenden Maschinen von doppelter Wirkung kann man niemals eine solche Ausnahme machen.

Die Welle eines solchen Schwungrades wird mit einer Kurbel getrieben, aber die Kurbelstange kann eher an die Mitte, als an das Ende des Armes des Balanciers gehangen werden. Durch Fig. 494 wird das eine und das andere erläutert; sie gibt den partiellen Aufriß einer großen Dampfmaschine von niederem Druck und doppelter Wirkung, welche benutzt werden soll, um mittelst einer Windpumpe Wind in Oefen oder in Heerde zu treiben. A ist der Dampf- oder Treibcylinder; B ist der Stiefel der Windpumpe; CD der Balancier; GI das Parallelogramm, mit welchem die Dampfkolbenstange auf den Balancier wirkt; KL das Parallelogramm, mit welchem die vertikale Bewegung der Kolbenstange der Windpumpe geleitet wird; MN die Kurbelstange, deren gabelförmiges oberes Ende an dem obern Hinterbolzen M des Parallelogrammes hängt, während der untere Hinterbolzen L nicht durchläuft, oder auch mit einem geräumigen Bogen versehen ist, damit die Bewegung der Kurbelstange nicht behindert werde; V das Schwungrad ꝛc.

Auf dieselbe Weise kann die Maschine eingerichtet werden, um Wasser zu heben und dasselbe in Leitungsröhren durch eine doppelte Druckpumpe von großer Dimension zu vertheilen. Hat aber der Dampfkolben einen langen Lauf, so ist es besser, den Lauf des Druckkolbens zu verkürzen und den Durchmesser der Pumpe zu vergrößern, als den Kolben der Druckpumpe in einem engern Stiefel durch eine größere Extension zu bewegen und das Wasser in engern Röhren zu heben. Darum kann die Kolbenstange der Druckpumpe an der Mitte und die Kurbelstange am Ende des andern Armes des Balanciers angehangen werden. Dieselbe Bemerkung gilt für das

Digitized by Google

Auspumpen der Luft in geschlossenen Pfannen, Fässern ꝛc. durch eine gewöhnliche Luftpumpe. Und wenn der Lauf des Dampfkolbens keine große Länge hat (z. B. nicht über 1 niederländische Elle), so ist es gleichfalls rathsam, die Kurbelstange an das andere Ende des Balanciers zu hängen, weil, wenn dieses in der Mitte geschieht, der Hebelarm der Kurbel zu kurz und hierdurch die Mittheilung der Bewegung schwierig oder kraftzersplitternd ist, wie auch der Effekt, den man durch Anwendung eines Schwungrades erzielt, ungenügend seyn wird.

Die Fig. 495 ist der partielle Aufriß einer großen Maschine von niederem Druck und von einfacher Wirkung, die zum Wasserheben mittelst einer großen Saugpumpe dient. **A** ist der Dampfcylinder; **B** der geschlossene Pumpenstiefel der Saugpumpe; **C** die gewöhnliche Kaltwasserpumpe der Maschine. Die Dampfkolbenstange wirkt auf das eine Ende des Balanciers durch ein Parallelogramm, und ein ähnliches Parallelogramm verbindet die Stange des Pumpenkolbens mit dem andern Ende des Balanciers. Diese Verbindung wird bewerkstelligt durch ein offenes Stück **DE**, in welchem zwei oder mehr an einander geschraubte Blöcke **a b c** von Gußeisen eingeschlossen sind. Es besteht also an der andern Seite des Balanciers ein hinlängliches Gegengewicht, um den Dampfkolben mit Ueberwindung seiner Reibung emporsteigen zu lassen und zugleich den Pumpenkolben nieder zu drücken; denn es ist allein der Niedergang des Dampfkolbens, welcher durch den Druck des Dampfes bewerkstelligt wird. In derselben Figur wird man die besondern Stücken **d e** und **P, Q** bemerken; sie dienen dazu, den Lauf des Dampfkolbens zu beschränken. **d e** sind nämlich an jeder Seite des Balanciers und auch an jeder Seite seines Drehungspunktes hölzerne Federn; der Balancier ist doppelt,

Digitized by Google

weil man sich die Maschine als eine von schwerem Kaliber denken muß. Zwischen den beiden Blättern des Balanciers sind die hölzernen Prellklötze P Q unverrückbar befestigt; auf diesen Stücken liegen kurze Querbälkchen, die an beiden Seiten hinlänglich vorragen, um gerade gegen die Federn d e zu stoßen, wenn der Dampfkolben den höchsten oder tiefsten Stand erreicht. Diese Einrichtung ist sehr zweckmäßig, weil man durch dieselbe verhütet, daß die veränderte Richtung der Bewegung des Dampfkolbens mit nachtheiligen Stößen verbunden werde, oder daß bei irgend einem Zufall durch Mangel, oder durch Lähmung irgend eines arbeitenden Theiles der Kolben über seine genau bestimmten Grenzen hinaus getrieben werden könne. Durch die Wirkung eines Schwungrades und einer Kurbel Fig. 494 wird wiederum der Lauf eines Dampfkolbens auf die sicherste und auf die am wenigsten nachtheilige Weise beschränkt, und die veränderte Richtung der Bewegung findet ohne allen Stoß in unmerklichen Graden statt.

274. Was über die mehr unmittelbare Mittheilung der abwechselnden Bewegung gesagt worden ist, kann sowohl für die abwechselnde kreisförmige Bewegung, als für die abwechselnd geradlinige Bewegung anwendbar gemacht werden. Und man kann auch nun beurtheilen, in wiefern es möglich und zweckmäßig ist, diese Bewegung von derjenigen des Dampfkolbens lieber, als von derjenigen einer Welle abzuleiten. Sie wird nämlich bestimmt, durch die Richtung, durch die Extension und durch die Geschwindigkeit der Bewegung des Dampfkolbens und manchmal auch durch die Entfernung vom Orte der Dampfmaschine bis zu dem Punkte, wo die Arbeit derselben verrichtet werden muß. Denn um einen Körper bei jedem doppelten Laufe des Dampfkolbens durch einen Raum, der den Lauf des Kolbens bei weitem überschreitet,

Digitized by Google

auf- und nieder zu bewegen, würde eine Verlängerung des Balanciers wirklich ungereimt seyn; und das Ziel kann nicht wohl anders erreicht werden, als durch eine rotirende Bewegung, von derjenigen der Welle abgeleitet und mit der erforderlichen größern Geschwindigkeit wiederum abwechselnd übergetragen.

Eben so gut wird, wenn die abwechselnde Bewegung von sehr großer Extension ist, die Abwechselung erst nach einer großen Anzahl von Kolbenspielen Platz greifen können, so daß sie wiederum von der rotirenden Bewegung einer Welle abgeleitet werden muß.

Häufig ist auch die Abwechslung auf keine andere Weise möglich, als daß man die Bewegung des Dampfkolbens auf einmal umkehrt, wenn der Theil die Last oder der Körper, welcher gehoben oder verrückt werden muß, den verlangten Punkt erreicht hat und nun in der entgegengesetzten Richtung zurückkehren soll. Müßten die Abwechslungen der Bewegung eines Körpers oder Theiles geschwinder auf einander folgen, als diejenigen der Bewegung des Balanciers, so würde die Dazwischenkunft einer rotirenden Bewegung von größerer Geschwindigkeit, als diejenige der Welle, jedoch mit Räderwerk von derselben abgeleitet, nicht weniger nothwendig seyn. Dasselbe möge man bemerken hinsichtlich der Richtung der Bewegung. Um mehrere Theile abwechsend zu bewegen (z. B. ein System von 2, 3, 4 und mehr Wasserpumpen, Luftpumpen, Sägerahmen ꝛc.) ist es auch nothwendig, die Bewegung des Dampfkolbens erst fortzupflanzen auf eine Welle, und von dieser die beabsichtigten Bewegungen abzuleiten, wiewohl jede derselben hinsichtlich der Richtung der Geschwindigkeit und der Extension weit unmittelbarer erzeugt werden könnte. Selbst wenn nur ein mechanischer Theil eine einzige Last, ein einziger Körper gleichzeitig mit

Digitized by Google

dem Dampfkolben und mit größerer Geschwindigkeit auf- und niederbewegt werden soll, und wenn diese Bewegung mit Stößen und Rucken verbunden seyn darf, muß die Bewegung des Dampfkolbens niemals unmittelbar fortgepflanzt, sondern durch Dazwischenkunft einer Welle mitgetheilt werden, die wiederum auf eine andere, durch Scheiben oder Riemen ohne Ende wirkt, damit man von dieser letzten Welle die beabsichtigte Bewegung ableite, so daß die Stöße nicht nachtheilig auf die Dampfmaschine zurückwirken können, wozu sich noch obendrein die Anwendung von Federn, von Luftsäulen oder einer zusammengedrückten Luftmasse erforderlich machen kann. Und so kann es, je nach der verschiedenen Art der mechanischen Arbeit und nach den örtlichen Umständen oder Hindernissen, z. B. Entfernung, Tiefe, Höhe ꝛc. viele andere Fälle geben, in welchen es besser ist, oder auch nothwendig, eine abwechselnde Bewegung nicht unmittelbar, sondern mittelst einer Welle von der Bewegung eines Dampfkolbens abzuleiten. Hierüber zu entscheiden und einen Entschluß zu fassen, ist selten schwierig, und was Th. II. Abth. II. Cap. II. §. III. und IV. und Cap. IV. abgehandelt worden ist, kann in der Wahl der anzuwendenden mechanischen Mittel als ein Fingerzeig benutzt werden.

Digitized by Google

Siebentes Kapitel.

Ueber die Art oder Mittel, aus der Bewegung des Dampfkolbens die Bewegung der verschiedenen arbeitenden Theile einer Dampfmaschine abzuleiten. Mittel, den Gang einer Dampfmaschine zu reguliren, den Effekt zu messen ꝛc.

§. 1.

Bewegung des Kolbens der Luftpumpe und der Wasserpumpen.

275. Die verschiedenen Arten, nach welchen die Bewegung eines Dampfkolbens auf eine Welle fortgepflanzt wird, oder die besondere Art der Wirkung und Bewegung, welche durch die Dampfmaschine hervorgebracht werden soll, haben zur Folge, daß die Bewegung der Kolben der Wasserpumpen und der Luftpumpe (wenn letztere vorhanden ist) auf verschiedene Arten erlangt werden müssen. Die folgenden allgemeinen Bemerkungen können für einige Fälle als Erläuterung und als Fingerzeig benutzt werden.

a. Wenn die Bewegung des Dampfkolbens durch einen Balancier fortgepflanzt wird, oder wenn sie durch Lenkstangen oder auf sonst eine Weise geleitet wird, so ist auch zugleich die beste Gelegenheit vorhanden, die Kolben der Luftpumpe und der Wasserpumpen auf- und nieder zu bewegen. Dieser Fall ist der ganz allgemeine; aber die besondere Stellung der Balanciers, der Lenkstangen oder der Knieſtücke (Winkelhebel) können Modificationen hervorbringen, durch welche die Mittheilung der Bewegung weniger

Digitized by Google

einfach wird, und ein größerer Kraftverlust stattfindet. Diese Bemerkung ist wenigstens anwendbar auf den Fall, daß der Balancier, welcher an jeder Seite des Drehungspunktes gleiche Arme besitzt, über dem Cylinder liegt und die Stangen der verschiedenen Pumpen an den beiden Armen des Balanciers angehängt sind, um die entgegengesetzten Wirkungen beim Aufgange und beim Niedergange des Dampfkolbens so viel wie möglich auszugleichen. Für andere Fälle wird es ausreichend seyn, auf die Betrachtung der Figuren 79, 80, 81 und 114 zu verweisen.

Ist eine Luftpumpe vorhanden, so ist es des bessern Gleichgewichtes halber häufig zweckmäßig, dieselbe auf die andere Seite des Drehungspunktes des Balanciers zu bringen, wenn der Kolbenlauf kurz genug ist, um die Kolbenstange ohne zu große Reibung durch ein Auge oder ein angesetztes Querhaupt zwischen festen Pfosten zu leiten (siehe Fig. 79 und 114), so daß kein Parallelogramm, noch eine andere Zusammensetzung erforderlich wird. Man braucht deshalb auch nicht als Regel anzunehmen, daß das Anhängen der Stange des Luftpumpenkolbens in der halben Länge des Armes des Balanciers geschehen müsse, denn jeder Punkt, welcher näher am Zapfen des Balanciers liegt, kann gleichfalls dazu gewählt werden, um in demselben die genannte Stange aufzuhängen, wenn nur der Kolbenlauf nicht zu kurz und die Oberfläche des Kolbens nicht zu groß wird. Ja man kann sogar diese Wahl eher beim Bau kleiner Dampfmaschinen treffen, weil dabei die Oberfläche des Kolbens der Luftpumpe größer und die Oeffnungen der Ventile geräumiger werden, während die hinlängliche Extension des Kolbenlaufes regulirt werden kann, wenn man den Lauf des Dampfkolbens nicht zu klein annimmt.

Digitized by Google

b. Die Bewegung der verschiedenen Pumpenkolben kann auch unmittelbar von der Bewegung des Dampfkolbens durch Anwendung von Kniestücken oder kurzen Balanciers abgeleitet werden. Dieses gilt deshalb für Maschinen von weniger großem Kaliber, welche ohne eigentlichen Balancier wirken.

Wenn z. B. die Extension des Kolbenlaufes der Luftpumpe derjenigen des Dampfkolbens gleich seyn kann, so kann man durch eine erhöhte Stellung des Dampfcylinders die Luftpumpe unter demselben anbringen, so daß ihre Kolbenstange zugleich die nach unten verlängerte Dampfkolbenstange wird. Eine Skizze dieser Einrichtung ist in Fig. 437 ersichtlich, nur bedenke man, daß zur Fortpflanzung der Bewegung die Dampfkolbenstange nach oben verlängert seyn müsse. Gleichwohl kann eine solche Zusammensetzung Uebelstände verursachen, weil der Luftpumpenkolben, die Kolbenstange und die Stopfbüchsen schwierig zu erreichen sind. Aus diesen Gründen ist obige Einrichtung weniger empfehlenswerth.

Bringt man die Luftpumpe an der Seite des Cylinders an, so ist es gleichfalls möglich, die Bewegung ihres Kolbens unmittelbar mit derjenigen der Stange des Dampfkolbens zugleich stattfinden zu lassen. Ein besonderes Beispiel dieses Falles ist bereits früher (bei der Beschreibung der mechanischen Einrichtung von Fig. 463) gegeben. Doch im Allgemeinen kann man sich die Vorstellung machen, daß an der Dampfkolbenstange ein Querhaupt angebracht ist; daß an dem einen Ende dieses Querhauptes die Stange des Luftpumpenkolbens und an dem andern Ende die Stangen der beiden Wasserpumpen angeschlossen sind. Diese compendiöse Einrichtung kann in sofern bestehen, als die Oberfläche des Luftpumpenkolbens bei seinem größern Laufe nicht zu sehr verkleinert worden ist. Denn die Bewegung der

Digitized by Google

Pumpenstangen kann auf die bezweckte Weise immer ohne Ungemach und ohne nachtheilige Wirkung stattfinden, wie auch übrigens die Art der Leitung der Dampfkolbenstange und die Art der Fortpflanzung der Bewegung eingerichtet seyn möge.

Für die Konstruction der Wasserpumpen kann die größere Extension des Laufes der Kolben keine Beschwerde verursachen, in so fern beide Pumpen Druckpumpen seyn können. Jedoch wird man bei dieser Zusammensetzung eher als bei einer andern Einrichtung genöthigt seyn, die Schwere der verschiedenen Stangen der Querhäupter ꝛc. zu balanciren, es sey nun durch Gegengewichte an der Welle (welche unter oder über dem Cylinder liegt), oder durch Gegengewichte, die an oben angebrachten kleinen Balanciers hängen. Diese Berücksichtigung ist jedoch von geringerm Belang, wenn der Dampf mit mittlerem oder mit hohem Drucke wirkt, ohne nach der Wirkung condensirt zu werden; denn alsdann ist keine Luftpumpe vorhanden.

Für das bessere Gleichgewicht der bewegenden Theile und damit die Luftpumpe (wenn eine solche vorhanden ist) bei einem kürzern Kolbenlaufe eine größere Weite bekomme, ist es rathsam, die Bewegung der Pumpenkolben nicht unmittelbar abzuleiten von der Bewegung des Dampfkolbens, sondern dieses durch Anwendung von Hebeln zu bewerkstelligen. Man nehme z. B. den Fall, daß die Dampfkolbenstange durch Rädchen oder zwischen festen Leitpfosten geleitet werde (Fig. 85, 436 bis 441). Wenn nun **A** Fig. 530 eines der zapfenförmen Enden des Querhauptes der Dampfkolbenstange darstellt, so ist aus dieser Figur ersichtlich, daß beide Enden dieses Querhauptes durch die Stangen **AB** verbunden werden können mit den Enden **B** von zwei Armen **BC**, die an eine Achse **C** geschlossen sind. Diese Arme kön-

nen sich an der andern Seite der Achse C bis zu D erstrecken, oder zwei kürzere Arme CD können um die Mitte der Achse CD geschlossen seyn; und wenn die Enden D durch die Stangen DE mit der Stange FEG des Luftpumpenkolbens verbunden sind, so muß die Bewegung dieses Kolbens mit derjenigen des Dampfkolbens abwechselnd stattfinden. Die Stange FG muß nothwendig durch ein Auge O geleitet werden, oder sie muß ein Querhaupt tragen, dessen Bewegung auf jeder Seite durch feste Stangen bestimmt wird, und an die beiden Enden dieses Querhauptes können die Stangen der Wasserpumpen geschlossen werden (vergleiche auch Fig. 439).

Bei dieser Einrichtung stimmt die Wirkung der Arme BC und CD mit derjenigen eines Hebels der ersten Art überein, und es ist also Gelegenheit vorhanden, die Schwere des Dampfkolbens, seiner Stange, seines Querhauptes, der Kurbelstangen ꝛc. hinlänglich zu balanciren, sowohl durch die Schwere der Kolben und Stangen der verschiedenen Pumpen, als durch Gegengewichte. Wäre die Achse C der Arme BC in dem Punkte D, und der Verbindungspunkt der Stangen DE in dem Punkte C, so würde die Wirkung übereinstimmen mit derjenigen eines Hebels der zweiten Art; — das Gleichgewicht zwischen den genannten Theilen würde ganz aufgehoben seyn, und man würde dasselbe durch Gegengewichte, welche auf die verlängerten Arme BD drücken (an der andern Seite des Drehungspunktes D) schwierig wieder herstellen können, wegen der unmäßigen Schwere dieser Gegengewichte, oder wegen der unbequemen größern Komplikation, wenn für dieses Gleichgewicht wiederum andere Balanciers oder Hebel angebracht werden, wobei dann auch der Verlust an Kraft zur Ueberwindung der Reibung viel bedeutender seyn würde, als es bei der erstgenannten und in Fig. 530 dargestell-

Digitized by Google

ten Einrichtung der Fall seyn kann. (Diese Bemerkung leidet auch zum Theil Anwendung auf die Einrichtung der Dampfmaschine, welche in Fig. 81 abgebildet ist.)

c. Endlich kann die Bewegung der verschiedenen Pumpenkolben abgeleitet werden von derjenigen der Welle, auf welche die Bewegung des Dampfkolbens fortgepflanzt wird. Da nun vorausgesetzt wird, daß diese Bewegung ganz unmittelbar oder ohne Vermittelung eines Balanciers fortgepflanzt wird, so sind hier zwei Fälle zu unterscheiden: 1) wenn die Welle über dem Cylinder liegt; 2) wenn dieselbe unter dem Cylinder liegt.

Um in dem ersten Falle den Luftpumpenkolben (wenn eine Luftpumpe vorhanden ist) in Thätigkeit zu setzen, zieht man auf diese Welle oder Achse eine excentrische Scheibe, welche in einem viereckigen oder rechtwinkligen Bügel thätig ist, an welchen die Kolbenstange der Luftpumpe geschlossen ist. Denn durch die Wirkung dieses Excentricum kann der Bügel auf- und niedergedrückt werden, und an dieser Bewegung muß der Luftpumpenkolben theilnehmen; die Stange dieses Kolbens muß durch ein Auge geleitet werden. Jedoch ist dieses Verfahren mangelhaft, weil die excentrische Scheibe häufig eine unmäßige Größe haben muß, und sie alsdann weniger genau und gleichmäßig gegen den Bügel ihre Thätigkeit zu äußern vermag. Besser ist es, eine gewöhnliche kleinere excentrische Scheibe **A** Fig. 531 auf die Welle **B** zu ziehen, und die Stange **CD** der excentrischen Scheibe zu verbinden mit dem Hebel **EDF**, dessen gabelförmiges Ende **F** durch die Stangen **FG** mit der Stange **IH** des Luftpumpenkolbens verbunden ist. Hierbei muß die vertikale Bewegung der Kolbenstange in einem Auge oder mittelst Lenkstangen geleitet werden. Ist **B** gerade das Ende der Welle, so ist Ge-

Digitized by Google

legenheit vorhanden, den Hebel **FE** in Verbindung zu bringen mit der Achse **B** durch eine Kurbel und eine Kurbelstange, oder besser noch mit einer Stange und einer Scheibe, welche die Kurbel ersetzt (man vergleiche ganz besonders Fig. 69, Nr. 1 und 2, Taf. VII.). Um bei dieser Einrichtung das Gleichgewicht der Theile so viel wie möglich zu befördern, muß der größte Radius **BA** der excentrischen Scheibe der Richtung **BK** der Kurbeln der Welle gerade gegenüber liegen.

Die Kolben der Wasserpumpen können bewegt werden: 1) durch denselben Hebel **EDF**, mit welchem der Luftpumpenkolben gehoben wird; 2) oder indem man die Stangen derselben mit den Enden eines Querhaupts verbindet, welches auf der Kolbenstange der Luftpumpe sitzt; 3) durch besondere excentrische Scheiben, die auf einen Hebel nach Ansicht der Konstruction von Fig. 531 wirken, oder durch Vermittelung von Kniestücken, oder welche endlich unmittelbar mit den Kolbenstangen verbunden sind (man vergl. Fig. 84, Nr. 2 bei **R**, **S**).

Bei der Umkehrung wird dieselbe Einrichtung benutzt, wenn die Welle unter dem Cylinder liegt, sobald nur der Hebel **DEF** Fig. 532 am liebsten ein Balancier oder Hebel der ersten Art wird, derselbe sey gerade oder gebogen (Fig. 533, Nr. 1 u. 2), je nachdem die Welle **B** eine weniger hohe oder eine höhere Stellung über dem Boden hat. Aber wegen des Gleichgewichts muß nun der große Radius der excentrischen Scheibe mit den Kurbeln der Welle nach derselben Seite gerichtet seyn. Statt einer excentrischen Scheibe kann eine Kurbel an dem Ende der Welle angewendet werden, oder auch ein Krummzapfen in der Mitte der Welle. Der Hebel kann gleichfalls von der zweiten Art seyn. Dieses findet z. B. statt bei manchen Maschinen, welche nach dem

Digitized by Google

Plane von Maudsley's Maschine eingerichtet sind (siehe Taf. IX. Fig. 85, Nr. 4); für das bessere Gleichgewicht und für den sanftern Gang müßte gleichwohl der Krummzapfen der Welle, um welche die Hebestangen T S liegen, den Krummzapfen L K der Kurbelstange gerade gegenüber angebracht seyn. Mit einem Hebel der ersten Art würde die dargestellte Einrichtung (nach welcher nämlich die drei Krummzapfen Fig. 85, Nr. 3 an derselben Seite der Welle liegen) zweckmäßig seyn. Aus demselben Grund ist der Plan Fig. 85, Nr. 6 dem erst genannten Fig. 85, Nr. 4 vorzuziehen und statt eines Krummzapfens in der Achse kann auch eine excentrische Scheibe auf die Welle gezogen werden, um innerhalb des (alsdann weitern) Bügels T wirksam zu seyn, unter der Bedingung, daß wieder der längste Radius der excentrischen Scheibe nach der Köpfung der Kurbelstange gerichtet sey.

Die Kolben der Wasserpumpen können auf eine ähnliche Weise in Thätigkeit versetzt werden; jedoch kann man die Stangen derselben E G, F H Fig. 534 auch mit den Enden E, F eines kurzen Balanciers verbinden, welcher sich um den festen Zapfen D dreht und durch eine kurze Stange C B mit dem excentrischen Knopfe B verbunden ist, welcher in dem Ende A der Welle befestigt ist. Diese compendiöse Zusammensetzung eignet sich ganz besonders für kleinere Maschinen von mittlerem oder von hohem Drucke, die ohne Dampfverdichtung arbeiten. Auch für kleinere Maschinen mit liegenden Cylindern ist dieselbe eben so gut anwendbar. Aber wenn von dergleichen Maschinen das Kaliber nicht klein ist, oder wenn die Speisepumpe zu weit von dem Kessel entfernt werden soll, oder wenn die Welle zu nahe am Boden (selbst tiefer, als der sogenannte Fußboden) liegt, so muß der Balancier der Pumpe eher an der Decke aufge-

Digitized by Google

hangen und durch eine excentrische Scheibe und aufsteigende Stange, oder mittelst einer kleinen Kurbel und Kurbelstange bewegt werden; oder man muß die Bewegung von einer kleinen Welle ableiten, die nahe an der Decke liegt und durch die Welle der Maschine getrieben wird.

Auf dieselbe Weise muß auch ein Luftpumpenkolben bewegt werden, wenn der Cylinder einer Dampfmaschine von niederem oder von mittlerem Druck eine horizontale Richtung hätte. Eben so gut muß auch die Luftpumpe eine horizontale Stellung haben können, wenn der Kolben keine Ventile enthält und deshalb als ein Druckkolben wirkt. Aber der Vortheil der einfachen Einrichtung ist bei solchen Maschinen weniger vorhanden, wenn der Dampf condensirt wird, oder vielmehr die Anbringung einer Luftpumpe will sich für diese besondere Einrichtung weniger eignen. Dasselbe kann in gewisser Hinsicht gesagt werden von Maschinen mit stehenden Cylindern, durch welche ohne Dazwischenkunft eines Balanciers Bewegung auf eine Welle fortgepflanzt wird, welche über oder unter dem Cylinder liegt. Die Einrichtung dieser Maschinen ist mit andern Worten zweckmäßig, wenn Dampf von mittlerem oder hohem Druck mit Ausdehnung, jedoch ohne Verdichtung des Dampfs wirkt; aber sobald eine Luftpumpe erfordert wird und das Kaliber der Maschine nicht klein ist, halte man diejenige Einrichtung für die zweckmäßigste, bei welcher die Bewegung des Dampfkolbens durch einen Balancier fortgepflanzt wird.

§. II.

Ueber die mechanischen Mittel, um Dampfventile, Dampfschubladen ꝛc. regelmäßig zu bewegen.

276. Die mechanischen Theile, durch deren Bewegung oder Wirkung die Bewegung der Dampf-

Digitized by Google

ventile, der Dampfschubladen ꝛc. regulirt wird, differiren auf vielerlei Weise, was abhängig ist:

1) von der besondern Einrichtung und auch von der Art der Dampfmaschine;

2) von der besondern Einrichtung und Art der Wirkung der Ventile, Hähne, Schubladen, Büchsen ꝛc. und je nachdem sie sich ununterbrochen oder alternirend drehen, — abwechselnd auf und nieder, oder hin und her gehen, — oder auch anhaltend, auf einmal und mit Zwischenräumen bewegt werden müssen;

3) von der Art der Bewegung, welche mitgetheilt werden muß und von der Art, wie diese Bewegung von einem andern bewegenden Theile der Maschine abgeleitet wird.

Es dürfte beinahe unmöglich seyn, für alle die verschiedenen Fälle, welche aus der Combination der genannten Umstände bestehen können, besondere Vorschriften aufzustellen. Auch würde eine solche Untersuchung kleinlich seyn und von unbedeutendem Nutzen, weil allgemeine Angaben und Bemerkungen für die Anwendung und Ausführung in jedem besondern Falle genügen können. Und damit die Angaben kurz sind und mit dem übereinstimmend, was Kap. IV. dieser Abtheilung entwickelt worden ist, so sollen sie völlig in derselben Ordnung mitgetheilt werden, welche bei der Abhandlung des Gegenstands des IV. Kapitels beobachtet worden ist.

A. Bewegung der Dampfventile.

277. Die Maschinen von einfacher und von doppelter Wirkung waren von vorn herein mit Dampfventilen versehen, deren Bewegung von derjenigen der Luftpumpenkolbenstange abgeleitet wurde. Dieselbe Art der Steuerung bestand auch in den atmosphärischen Maschinen; denn an der Stelle, wo in

andern Maschinen die Kolbenstange der Luftpumpe angeschlossen wurde, war ein hölzerner Baum, oder eine schwere Schiene vorhanden, die am Balancier hing und mit demselben auf- und niederging, um in genau bestimmten Augenblicken der Bewegung den Hahn oder die Dampfschublade, damit der Dampf eintreten könne, zu öffnen und dieselbe sodann wieder zu schließen, um die Communication zwischen dem Kessel und dem Cylinder abzusperren (Figur 375, Art. 213).

An den Maschinen von einfacher Wirkung sind drei Ventile **a b**, **c d**, **e f** Fig. 322. Das Ventil **a b** läßt den Dampf aus dem Kessel in den Treibcylinder streichen, oder verschließt letztern; mittelst des Ventils **e f** kann der benutzte Dampf nach dem Condensator abziehen, und durch das Ventil **c d** können die obersten und untersten Dampföffnungen **A**, **B** mit einander in Communication gebracht werden. Wirkt der Dampf nicht durch Ausdehnung, so werden die Ventile **a b** und **e f** gleichzeitig geöffnet und geschlossen; aber das Ventil **c d** wird geschlossen, ehe **a b** und **e f** aufgehen, und es wird geöffnet, nachdem **a b** und **e f** geschlossen sind. Es können jedoch die beiden Bewegungen der drei Ventile gleichzeitig stattfinden. Aber wenn der Dampf durch Ausdehnung wirkt, so müssen die Bewegungen der drei Ventile abgesondert stattfinden. Soll z. B. der Dampf mit Ausdehnung wirken, nachdem der Dampfkolben $\frac{9}{10}$ des Laufs zurückgelegt hat, so muß die Steuerung der Ventile auf folgende Weise regulirt werden. In dem Augenblicke, wo der Kolben in den höchsten Stand gelangt, werden die Ventile **a b** und **e f** gehoben, während das Ventil **c d** geschlossen ist; — der Dampf, welcher über dem Cylinder streicht, drückt ersteren wieder nieder; — hat der Kolben die Hälfte seines Laufs zurückgelegt, so wird das Ventil **a b**

niedergedrückt, so daß der vollkommene Schluß der entsprechenden Oeffnung in $\frac{9}{16}$ des Kolbenlaufs stattfindet. Die Bewegung dauert nun fort durch die Ausdehnung des Dampfs, bis der Kolben auf $\frac{14}{16}$ oder $\frac{15}{16}$ seines Laufs gekommen ist. Alsdann wird das Ausflußventil **e f** niedergedrückt, und noch bevor es seine entsprechende Oeffnung schließt, muß das Communicationsventil **c d** gehoben werden, damit der Dampf aus dem untersten Theile des Cylinders unter den Dampfkolben in dem Augenblicke streichen könne, wo der Kolben seinen Lauf vollbracht hat. Während der Dampf auf beide Flächen des Kolbens einen gleichen Druck ausübt, steigt der Kolben empor in Folge der Wirkung des nöthigen Uebergewichts, das am andern Ende des Balanciers hängt. Und wenn der Kolben den höchsten Punkt seines Laufs beinahe erreicht hat, so müssen die Ventile **a b** und **e f** wiederum (und beinahe gleichzeitig) gehoben werden, damit dieselbe Wirkung wie bei dem vorhergehenden Kolbenlauf stattfinden könne ꝛc.

Die meisten Maschinen von einfacher Wirkung, die James Watt aufgestellt hat, besaßen die Einrichtung, daß der Dampf auch mit Ausdehnung auf den Kolben drücken konnte. Um ein Beispiel zu geben von der Art, wie diese Wirkung erreicht wurde, erlauben wir uns folgende Erläuterung. In der Figur 535 bezeichnen **a b**, **c d** und **e f** dieselben Ventile, welche in derselben Stellung in Fig. 322 abgebildet sind. Der Einfachheit halber und damit die Fig. 322 zur Vergleichung dienen könne, sind die Dampfröhren und andere Theile weniger ausführlich gezeichnet. Auf die kurzen Stangen dieser Ventile wirken die Enden kleiner Hebel oder Kniestücke **g h**, **i k**, **l m** und dieses entweder unmittelbar, wie in Figur 331, oder durch gezahnte Bogen, Fig. 323. Die Stangen **h n**, **k o**, **m p** verbinden die Arme dieser

Digitized by Google

Hebel mit denen anderer n Cq, o Dr, p Es, deren Achsen C, D, E an jeder Seite der Dampfröhre in metallenen Augen, welche in festen Säulen, oder sonst auf eine Weise befestigt sind, getragen werden. A B ist eine hölzerne Schiene, welche zwei Stangen B K und A I mit einander verbindet, von denen die unterste B K den Luftpumpenkolben trägt, während die oberste A I am Balancier, oder an den Hinterstangen des Parallelogramms des Dampfkolbens angebracht ist. Diese Schiene muß deshalb gleichzeitig mit dem Dampfkolben auf- und niederbewegt werden. Endlich sind an der genannten Schiene drei Hebeköpfe F, G, H angeschraubt, nämlich zwei Hebeköpfe G und H an der andern Seite, um auf die Hebelarme C q und E s wirken zu können, und ein Hebekopf F an der vordern Seite, um auf den Hebelarm D r zu wirken.

Gesetzt nun, der Dampfkolben soll emporzugehen beginnen, und die Ventile a b und e f sind geöffnet. Wenn dann der Hebekopf G an einem solchen Punkte der Schiene A B befestigt ist, daß er in $\frac{8}{16}$ des Kolbenlaufs an den Arm C q stößt, so muß durch die Fortbewegung der Schiene A B der Hebelarm C q niedergedrückt werden, bis der Hebekopf G unbehindert vorbeigehen kann; alsdann ist das Ventil a b geschlossen; der Hebekopf F ist auf dem Punkt angebracht, daß, nachdem er in $\frac{14}{16}$ der Bewegung des Kolbens an den Hebelarm D r gelangt ist, er mit diesem Arm in Berührung kommt, denselben niederdrückt und dadurch das Evacuationsventil e f verschließt, durch welches der Dampf in den Condensator abzieht. Aber beinahe gleichzeitig mit der Verschließung des Ventils e f ist die Schiene A B so weit herabgestiegen, daß der Hebekopf G in Berührung kommt mit dem Hebelarm E s, und dadurch muß auch dieser Arm vor dem Hebekopfe weichen, so daß

Digitized by Google

die Oeffnung des Ventils cd eine Folge dieser Bewegung ist. In dem Augenblicke, wo cd geöffnet ist, ist auch die niedersteigende Bewegung des Kolbens vollendet, und wenn nun der Dampf unter demselben in den Cylinder fließen kann, so muß die aufsteigende Bewegung unmittelbar erfolgen. An dieser aufsteigenden Bewegung nimmt auch die Schiene AB der Luftpumpenkolbenstange Theil. Die Hebelarme Cq, Dr, Es sind stets niedergedrückt oder in dem tiefsten Stande; — deshalb wird der Hebekopf G, wie bei der niedersteigenden Bewegung, unbehindert den Arm Cq aufsteigend passiren und über denselben gelangen, während der Hebekopf F beständig über dem entsprechenden Arme Dr geblieben ist und bleibt. Und wenn nun gegen das Ende des Kolbenhubes die Ventile ab und ef unmittelbar nach der Schließung des Ventils cd geöffnet werden, so muß die entgegengesetzte Bewegung auf die beschriebene Weise wieder beginnen ꝛc.

Wäre die Schwere der Ventile und der verschiedenen Stangen unbedeutend, so daß durch dieselben weder das Oeffnen, noch das Schließen der Ventile befördert werden könnte, so müßten die Achsen C, D, E der Kniestücke dieselbe Stellung behalten, nachdem letztere gehoben, oder niedergedrückt worden, und das Oeffnen und Schließen der Ventile könnte durch den Hub der Schiene AB auf dieselbe Weise ausgeführt werden, als wie durch den Niedergang derselben. Aber es findet gerade das Gegentheil statt und die Einrichtung ist ferner so getroffen, daß die Ventile durch besondere Uebergewichte, welche an besondern Armen der Achsen C, D, E hängen (sie sind in der Figur nicht dargestellt), geöffnet erhalten werden. Darum müssen auch die Kniestücke nach dem Schließen der Ventile festgehalten werden, damit die Ventile nicht durch die genannten Uebergewichte ge-

Digitized by Google

öffnet werden. Diese Wirkung erlangt man durch eine besondere Zusammensetzung von Haken, welche durch Federn, oder durch Gewichte gedrückt werden und so gestellt sind, daß sie die Arme der Knieſtücke fassen und festhalten, nachdem sie bis auf eine gewisse bestimmte Grenze auf- und niedergedrückt sind, um die Ventile zu schließen.

Bei dem Hube des Kolbens bleibt das Ventil **cd** geöffnet, durch die Wirkung eines Gewichts, welches auf den Arm **Es** des Knieſtücks **pEs** drückt; aber gegen das Ende des Kolbenhubs stößt der Hebekopf **H** gegen den genannten Arm **Es**, drückt denselben (um das Ventil **cd** zu schließen) empor, bis der entsprechende Haken in den Punkt einfallen kann, auf welchem die Bewegung unterstützt wird. Aber der Arm **Ep** des Knieſtücks steht in Verbindung mit den Haken, durch welche die Knieſtücke **qCn**, **rDo** gehalten werden und zwar dergestalt, daß sie weggezogen werden, wenn **Ep** beinahe niedergedreht ist. Ist das Heben oder die Ortsveränderung der Haken bewirkt, so werden auch die Ventile **ab** und **ef** durch die Wirkung der oben genannten entsprechenden Uebergewichte geöffnet, und nun sind alle Theile wiederum im ersten vorausgesetzten Stande, so daß die niedersteigende Bewegung des Dampfkolbens, die frühere Verschließung des Dampfventils **ab** ꝛc. wiederholt stattfinden müssen.

Wegen der geringern Bedeutung des Gegenstands sind die erwähnten Nebentheile in der Figur nicht angedeutet; aber es ist ersichtlich, daß durch dieselben die mechanische Zusammensetzung, die zum Oeffnen und Schließen der Ventile dient, sehr complicirt wird, wie einfach übrigens die Maschinen von einfacher Wirkung an und für sich zu seyn pflegen. Diese Complication wird jedoch viel geringer, wenn der Dampf nicht mit Ausdehnung (oder wenigstens nur

Digitized by Google

mit geringer Ausdehnung) wirken soll. Denn alsdann können die Enden h und k der Hebel der Ventile a b und e f beide mit dem Arme C n des Kniestücks n C q Fig. 536 durch die Stangen h n und k n verbunden werden. Die Schwere dieser Stangen ist immer hinlänglich, um die Ventile geöffnet zu halten, und wenn nun die Arme C n und q C so abgemessen und gerichtet sind, daß, wenn q C durch den Hebekopf F (welcher an der Kolbenstange A B der Luftpumpe befestigt ist) niedergedrückt ist und die Ventile a b, e f geschlossen sind, die Stangen k n und n h beinahe die Richtung der Vertikallinie h n k besitzen, welche durch den Mittelpunkt der Achse C läuft, so wirkt deren Schwere auch in der Richtung der Achse C, oder eigentlich mit einem zu kurzen Hebelarm, als daß diese Achse niedergedreht werden kann. Folglich wird das Kniestück n C q ohne Hilfe von Haken, Gabeln oder Sperrkegeln denselben Stand behalten und die Ventile a b, e f werden geschlossen bleiben. Bei dem Hube des Kolbens und wenn letzterer beinahe den höchsten Stand erreicht hat, wird der Arm q C durch den Hebekopf H wieder emporgedrückt und die Stangen n h, n k kommen hinlänglich außer der Vertikallinie, um durch ihre Schwere a b und e f geöffnet zu halten.

Das Ventil c d muß gleichfalls durch einen Arm gesteuert werden können, welcher mit derselben Achse C verbunden ist, und auf diese Weise besitzt die verlangte Zusammensetzung die größte Einfachheit. Aber es ist besser, daß das Ventil c d in dem Augenblicke des hinlänglichen Schließens von a b und e f geöffnet werde, oder daß es geschlossen werde, bevor das Oeffnen der Ventile a b und e f beginnt. Darum ist es nützlich, dieses Ventil c d durch die Wirkung eines besondern Kniestücks p E s zu öffnen und zu schließen, während der Arm s E dieses Kniestücks durch Hebe-

Digitized by Google

köpfe bei F und H (oder etwas tiefer als F und etwas höher als H), welche an der andern Seite der Stange AB liegen, gedrückt werden muß. Und damit weder Gabeln, noch Haken erforderlich sind, um das Ventil cd offen zu erhalten, so lege man um die Welle E einen Arm Ew, welcher in einer solchen Richtung angedrückt und mit soviel Gewichte w beschwert wird, daß, wenn sE geöffnet ist, die Schwere der Stange pm ꝛc. das Uebergewicht erlange, um das Ventil cd geschlossen zu halten; aber das Gewicht w muß das Meiste dazu beitragen, um cd geöffnet zu erhalten, sobald es mit dem Arme Es niedergedrückt worden ist.

Da die Condensation des Dampfes nicht anhaltend fortschreitet, sondern nur während des Niederganges des Dampfkolbens, so muß auch das Einspritzen während des Kolbenhubes gehindert werden. Dieses wird bewirkt durch einen Stöpsel, welcher vor dem Injectionshahne die Mündung der Injectionsröhre verschließt. Um diesen Stöpsel abwechselnd zu heben und niederzudrücken, ist er mit einer Stange an dem einen Ende z Fig. 535 und 536 eines Hebels xyz verbunden, dessen anderes Ende x mit dem Knieſtücke des Ausflußventils ef in Verbindung steht, damit die Injectionsröhre gleichzeitig mit dem Oeffnen dieses Ventils geöffnet werde.

Die Hebeköpfe F, G, H, Fig. 535 können in jedem Punkte der Schiene AB befestigt werden, und damit ist die beste Gelegenheit gegeben, um jedes der Ventile ab, cd, ef, in dem nöthigen Augenblicke zu öffnen und zu schließen, so wie auch den Augenblick des frühern Verschließens des Ventiles ab nach Belieben zu verändern. Bringt man deshalb den Hebekopf G nur ein wenig tiefer an, als den Hebekopf F, so werden die Ventile ab und ef beinahe gleichzeitig geöffnet und geschlossen, weshalb dieselbe Zu-

Digitized by Google

sammensetzung auch für den Fall angewendet werden kann, daß der Dampf ohne Ausdehnung wirkt. Das Vortheilhafte dieser Anwendung liegt in der besondern Bewegung eines jeden einzelnen Ventils, wodurch doch der genaue Verschluß zuverlässiger wird. Die Oeffnungen der Ventile müssen augenblicklich und ganz sicher geschlossen werden, sobald die Ventile durch eigne Schwere, oder durch die Schwere damit verbundener Stangen niederfallen. Bei der erklärten Einrichtung Fig. 535 findet gerade der umgekehrte Fall statt; aber die Oeffnung der Ventile durch Gewichte erfolgt in der kürzestmöglichen Zeit, und darin liegt der Grund, warum James Watt nicht die erstgenannte Art der Wirkung vorzugsweise angewendet hat.

Eine Einrichtung, die mit derjenigen übereinstimmt, welche in Fig. 325 dargestellt ist, würde für eine Maschine von einfacher Wirkung eine der vollkommensten seyn; und bringt man die Ventilkammern oder Büchsen nicht über einander, sondern neben einander, so kann jedes Ventil, wenn es sich nöthig macht, besonders gehoben werden. Und um nun die Ventile zu heben (denn das Niederfallen derselben erfolgt durch ihre Schwere und durch diejenige der mit ihnen verbundenen Stangen), ohne die complicirte Zusammensetzung von Fig. 535 oder 536, so kann man vor die Dampfkammern eine kleine horizontale Welle legen, die abwechselnd gedreht wird und mit kurzen Hebedaumen auf die Stangen der Ventile wirkt, wie dieses noch ganz besonders im folgenden Artikel (in Bezug auf die mechanische Einrichtung Fig. 337) verdeutlicht werden soll. Da aber die Abwechslung der Bewegung der ebengenannten kleinen Welle nicht gleichzeitig stattfinden kann mit der Abwechslung der Bewegung des Balanciers, oder der Kolbenstange der Luftpumpe, so ist es nicht gut

Digitized by Google

möglich, die verlangte abwechselnde Bewegung ohne Hilfe einer excentrischen Scheibe zu erlangen, die auf einer andern kleinen Welle sitzt, welche anhaltend rotirt wird. Für diesen Zweck gibt es nun kein einfacheres Mittel, als eine mit dem Balancier nicht weit von dem Drehungspunkte (z. B. in $\frac{1}{3}$ der Länge des Armes) durch eine leichte Kurbelstange verbundene kleine Kurbel, während die Bewegung der kleinen Welle durch ein kleines Schwungrad (das z. B. einen Durchmesser von $1\frac{1}{2}$ niederländischen Elle und eine Felgendicke von 7 bei 6 niederländischen Zollen besitzt) unterstützt werden muß. Diese Schlußfolgerung ist allein anwendbar auf den Fall, daß der Dampf einen niedrigen Druck ausübt, und daß also die Bewegung des Balanciers nicht auf eine Betriebswelle fortgepflanzt wird; denn, wenn der Dampf einen mittlern Druck von reichlich zwei Atmosphären ausübte, während die atmosphärische Luft an der andern Seite des Kolbens entgegenwirkte, und wenn ferner die Bewegung des Kolbens auf eine Betriebswelle fortgepflanzt würde, so würde die Gelegenheit für die Anwendung einer excentrischen Scheibe bereits gegeben seyn.

278. In einer Maschine von doppelter Wirkung sind vier Ventile erforderlich, um den Dampf abwechselnd über und unter dem Kolben streichen und denselben alsdann nach dem Condensator abziehen zu lassen. Von diesen Ventilen können immer zwei zu gleicher Zeit bewegt werden, nämlich das obere Dampfventil und das untere Abzugsventil, ferner das untere Dampfventil und das obere Abzugsventil (Art. 206). Es sind dann blos zwei besondere Bewegungen erforderlich, wie bei den Maschinen von einfacher Wirkung. Die Bewegungen können abgeleitet werden von der Bewegung der Kolbenstange der Luftpumpe, oder von der Bewegung der Welle, wenn

Digitized by Google

nämlich eine rotirende Bewegung erzeugt wird. Werden sie erzeugt durch die Bewegung der ebengenannten Stange, und wirkt der Dampf ohne Ausdehnung, so kann die Einrichtung derjenigen ähnlich seyn, welche bei Maschinen von einfacher Wirkung besteht. Folglich wird jede der beiden Wellen V, W (Fig. 328 und 329) noch enthalten müssen: 1) einen Arm, durch welchen sie von den Hebeköpfen der Kolbenstange der Luftpumpe gedrückt werden, um die Ventile zu schließen; 2) einen Arm, an dessen Ende eine Stange mit einem Gewichte gehängt ist, durch welches die Ventile geöffnet werden. Zwischen den Wellen V, W muß ein doppelter Sperrkegel oder Haken liegen, welcher mit einer Feder aufwärts gedrückt wird. Durch das obere Ende dieses Hakens wird das Kniestück Vp (oder ein besonderer Hebekopf) gefaßt, sobald der Arm der Welle V durch den obersten Hebekopf der Luftpumpenkolbenstange niedergedrückt worden, und die Ventile a und d bleiben auf diese Weise geschlossen. Aber während der genannte Haken weggedrückt wird, um den Arm Vp zu fassen, entwischt zugleich ein Hebekopf der Welle W, welche von dem untern Ende desselben Hakens festgehalten wurde. Und da nun das Uebergewicht, welches an dem obenerwähnten zweiten Arme der Welle W hängt, ungehindert niedersteigen kann, so wird auch die Welle W unmittelbar niederwärts gedreht werden, bis die Ventile c, b auf die erforderliche Höhe gehoben sind. Die entgegengesetzte Wirkung erfolgt auf gleiche Weise beim Hube des Dampfkolbens, nämlich der untere Hebekopf der Kolbenstange der Luftpumpe wird den ersten Arm der Welle W emporbrücken, bis der obengenannte Hebekopf von dem untern Ende des Hakens ergriffen wird, und zu gleicher Zeit wird der Hebekopf der Welle V dem obern Ende des Ha-

Digitized by Google

kens entgleiten, so daß die Ventile a, d durch das Uebergewicht der Welle V gehoben werden ꝛc.

Es ist jedoch auch möglich, das Oeffnen und Schließen der Ventile ohne den Apparat von Kniestücken, Haken und Uebergewichten zu bewerkstelligen. Denn so wie angegeben ist für Maschinen von einfacher Wirkung (Fig. 536), so können auch hier die Enden der Hebel der Ventile a und d durch die Stangen n o, m o Fig. 537 mit demselben Arm C o einer Welle C verbunden werden, und wenn die Enden q, r der Hebel der Ventile b, c auf dieselbe Weise mit einem andern, jedoch entgegengesetzten Arme p C der Welle C verbunden sind, so wird die Schwere der rechten Stangen hinlänglich balancirt werden von der Schwere der linken Stangen, so daß durch die alternirende Wirkung der Hebeköpfe F, A auf den Arm C D die vier Ventile gleichzeitig werden gehoben und niedergedrückt werden. Um jedoch Dampfverlust zu verhüten, ist es besser, daß die Arme C o und C p besonders und einer nach dem andern (nicht gleichzeitig) bewegt werden, wozu natürlich zwei Wellen C vorhanden seyn müssen.

Will man die Bewegung der Ventile aus der Bewegung der Welle ableiten, so kann man für diesen Zweck verschiedene Wege einschlagen. Durch eine excentrische, auf eine Welle gezogene Scheibe wird die Bewegung ohne nachtheilige Stöße mitgetheilt, und dieses Mittel verdient deshalb vor andern den Vorzug. Von seiner Anwendung ist bereits bei der Beschreibung der Fig. 332 die Rede gewesen, aber die Art der Wirkung muß näher erklärt werden.

Die hin- und hergehende Bewegung, welche durch eine excentrische Scheibe mitgetheilt wird, ist zwar nichts weniger als regelmäßig, aber doch fortdauernd, d. h. sie findet ohne Pausen statt. Wenn deshalb das Ende der Stange der excentrischen Scheibe um

den Knopf P Fig. 332 des Armes OP geschlossen wird, so muß die Welle O ohne Zwischenpausen hin- und hergedreht werden. Sind nun die Arme xy und zw an die Welle O geschlossen, so liegt es offenbar auf der Hand, daß sie sich fortdauernd in Bewegung befinden müssen, weshalb auch die Bewegung der Ventile niemals unterbrochen werden darf. Deshalb kann mit einer solchen Zusammensetzung von Theilen der verlangte Zweck nicht erreicht werden, da die Ventile geöffnet oder geschlossen bleiben müssen, bis der Lauf des Dampfkolbens vollendet ist. Mit einer geringen Modifikation wird indessen die verlangte Wirkung erreicht.

Die Welle O Fig. 538 Nr. 1 sey rund. Statt daß die Arme xy und wz an dieselbe geschlossen sind, nehme man an, daß sie lose sich um dieselbe bewegen und sich so unbehindert drehen können, wie Rollen um ihre Nägel. Diese Arme sind an der andern Seite der Welle O verlängert bis X und W (vergl. besonders den Grundriß der Welle in Fig. 538 Nr. 2), und daselbst verbunden mit den Enden T, S der belasteten Hebel TQU und SRV, welche ihre Drehungspunkte in U und V haben. Durch die Wirkung dieser belasteten Hebel werden die Enden x und w der Hebel xX und wW immer aufwärts gedrückt; sobald diese Bewegung stattfindet, müssen die Ventile geschlossen werden. Denkt man sich ferner an der Welle O zwei Hebedaumen Y, Z mit umgebogenen Enden Y, Z, welche über den Hebelarmen yx und zw liegen und fest an der Welle O angeschlossen sind, so müssen diese Hebedaumen an der abwechselnden Bewegung der Welle O Theil nehmen. Sie müssen alternirend in Berührung kommen mit den Armen xy, wz; diese Arme müssen deshalb wechselsweise niedergedrückt werden (während dabei die entsprechenden Uebergewichte Q, R abwech-

selnd gehoben werden); diese Bewegung wird zur Folge haben, daß die entsprechenden Ventile geöffnet werden und auch geöffnet bleiben, so lange die Berührung des Hebedaumens **Y** oder **Z** mit den darunter liegenden Hebelarmen **x y** oder **w z** fortdauert; und sobald ein Hebelarm von dem Daumen verlassen ist, werden auch die zwei entsprechenden Ventile geschlossen seyn, während alsdann der andere Daumen auf den entgegengesetzten Hebelarm drücken wird, um gleichzeitig die beiden andern Ventile zu heben.

Die Genauigkeit der Wirkung hängt ab von den relativen Dimensionen der verschiedenen Hebelarme, jedoch besonders von der richtigen Stellung der excentrischen Scheibe auf der Betriebswelle. Zwar wird dieser Stand durch Versuche bestimmt, — ein Verfahren, was alle Empfehlung verdient, jedoch ist es nöthig, daß man diesen Stand im Voraus bestimmen könne, um nicht über die Länge der Hebelarme oder der Kniestücke sich in Ungewißheit zu befinden. Es wird deshalb von Nutzen seyn, die Wirkung des Excentricums näher zu betrachten.

279. Die Welle **A** Fig. 539 trage die excentrische Scheibe **B C**, die aus Metall gefertigt und auf die Welle **A** gezogen ist, so daß der Mittelpunkt **M** außer dem Mittelpunkte der Welle **A** liegt. Diese excentrische Scheibe denke man sich von der gewöhnlichen Einrichtung mit einer flachen Kehle, umgeben von zwei halben kupfernen Ringen **D B E** und **D C E**, die zusammengeschraubt sind mit den Stangen der excentrischen Scheibe **D P** und **E P**, welche bei **P** auf das Kniestück der Dampfventile wirkt. Die Entfernung **A M** von den beiden Mittelpunkten **A** und **M** nennt man die Excentricität der excentrischen Scheibe, und das Doppelte dieser Excentricität ist immer gleich der Extension der hin- und hergehenden oder abwechselnden Be-

wegung, welche die excentrische Scheibe mittheilt. Denn beschreibt man aus A mit AB als Radius einen Kreis Bb, so ist, wenn A und M auf derselben Horizontallinie AMC liegen, b der Ort, wohin der Punkt C fällt, nachdem die excentrische Scheibe eine halbe Umdrehung vollbracht hat; und nach der zweiten halben Umdrehung kommt b wieder in C. Deshalb ist die Extension der abwechselnden Bewegung = bC. Aber bC = AC — Ab = AC — AB; ferner ist AC = AM + CM und AB = BM — AM = CM — AM, deshalb bC = AC — AB = AM + CM — (CM — AM) = AM + CM — CM + AM = 2AM = dem Doppelten der Excentricität.

Wenn die excentrische Scheibe mit der Welle A um den vierten Theil ihres Umfanges gedreht und in den Stand gelangt ist, der durch den punktirten Umfang angegeben worden, so ist m der Ort des Mittelpunktes M; mp der Stand der Linie MP; und zieht man ed senkrecht auf mp, so werden d und e die Orte der Punkte D und E. Da nun für die kleine Extension der Bewegung, welche die excentrische Scheibe mitgetheilt hat, angenommen werden kann, daß die Linie de parallel der Linie DE laufe, und da dieses in jedem andern Stande der excentrischen Scheibe stattfinden muß, so kann man festsetzen, daß die horizontale Bewegung des Punktes P gleich steht der horizontalen Bewegung des Punktes M. Die Bewegung des Punktes M kann deshalb als Maaßstab der Bewegung der excentrischen Scheibe betrachtet werden. Der Punkt M beschreibt einen Kreis Mmno (und ähnliche Kreise werden auch von den Punkten D und E beschrieben); nach einer halben Umdrehung kommt M in n und soll einen Weg Mn, welcher gleich ist der doppelten Excentricität MA, zu-

rückgelegt haben. Deshalb kann man die Wirkung, welche die excentrische Scheibe gewährt, auch erlangen, wenn der Punkt M unmittelbar durch eine gerade Stange mit dem Punkte P verbunden werden könnte. Und weil endlich die hin- und hergehende Bewegung, welche auf diese Weise ausgeführt wird, jener ganz gleich seyn muß, die mit einer Kurbel von der Länge von AM erlangt wird, so differirt die gedachte Wirkung der excentrischen Scheibe nicht von derjenigen einer Kurbel, die eine Kröpfung oder eine Länge besitzt, die der Excentricität der excentrischen Scheibe gleich ist.

Die Veränderlichkeit der Bewegung des Punktes P der Stange des Excentricums ist deshalb zu ersehen aus den Tabellen I. oder II. des Art. 249 und zwar aus den Ziffern der zweiten Columne der Tabelle I. und aus denen der letzten Columne der Tabelle II. Man kann nämlich als hinlänglich genau annehmen, daß, wenn man die Extension der Bewegung des Excentricums (sonst auch die doppelte Excentricität genannt) = 1 setzt, die Extensionen der Bewegung der Stange des Excentricums folgende seyn werden (Fig. 540).

1) Für den ersten Bogen Ma von 30°, durch den Mittelpunkt M des Excentricums beschrieben, Mi = 0,06698 oder 0,067.

2) Für den zweiten Bogen ac von 30°, ag = 0,183.

3) Für den dritten Bogen cf von 30°, ch = 0,250 ꝛc.

Während nun der Mittelpunkt der excentrischen Scheibe durch den Bogen kMa von 60° bewegt wird, wird die Stange des Excentricums oder auch der Knopf P des Schwengels PO nur einen Raum iM hin und her zurücklegen, und dieser Raum beträgt noch nicht $\frac{7}{100}$ oder ungefähr $\frac{1}{15}$ der ganzen Extension der hin-

und hergehenden Bewegung. Für eine Winkelbewegung von 70°, d. h. von 35° über die Horizontallinie HM und von 35° unter dieselbe, — beträgt der erwähnte Fortgang noch nicht $\frac{1}{10}$ des ganzen Weges. Deshalb und weil die ganze Extension der Bewegung niemals groß ist (zwischen 10 und 18 niederländischen Zollen), wird die Bewegung des Kniestücks OP unbedeutend seyn, wenn die ersten und die letzten 35 Grade durch den Mittelpunkt der excentrischen Scheibe beschrieben werden. Und da es von Belang ist, daß Dampfventile in der kürzesten Zeit geöffnet werden, so muß der Anfang dieser Verrichtung erst dann eintreten, wenn der Mittelpunkt M des Excentricums einen Bogen Ma von 30 oder 40° über der horizontalen Linie AM beschrieben hat. Es kommt dann nur darauf an, den relativen Stand des Excentricums in Bezug auf die Richtung der Kurbel der Welle zu bestimmen.

Um diese Betrachtung auf die Zusammensetzung von Fig. 538 anzuwenden, so bemerke man, daß die Hebedaumen Y oder Z bereits auf die Arme xyX oder wzW drücken müssen, bevor der Kolbenlauf vollendet ist, oder auch, bevor die Kurbel in einen ihrer todten Punkte tritt. Dieser Zeitpunkt kann, je nachdem der Kolbenlauf größer ist, verzögert werden; aber wenn man einmal annimmt, daß das Heben der Ventile beginne, wenn der Kolben $\frac{19}{20}$ des Laufes zurückgelegt hat, so tritt dieser Anfang schon ein, wenn die Kurbel noch mehr als einen Bogen von 25° zu beschreiben hat, bevor sie sich in dem höchsten oder tiefsten vertikalen Stande befindet. Muß nun der Mittelpunkt M des Excentricums erst z. B. 40° beschreiben, bevor das Heben der Ventile stattfindet, so mache man den Winkel MAa Fig. 540 = 40° und ziehe XAY, welches mit AZ einen Winkel von 25° bildet, so wird der fragliche Stand des Excentricums

und der Kurbel durch die Linien XA und Aa bezeichnet, welche mit einander einen Winkel XAa von 155° oder einen Winkel aAY von 25° bilden. Eine dieser Linien ist die Richtung der Kurbel, wenn die andere der Durchmesser des Excentricums ist, der zugleich durch den Mittelpunkt der Welle läuft und der Hauptdurchmesser genannt werden könnte. Dieser relative Stand kann jedoch in besondern Fällen verschieden seyn, und auch zum Theil abhängen von der Richtung der Kniestücke der Ventilstangen zur Welle des Excentricums.

Wenn die Ventile einen Durchmesser von z. B. 16 Zollen haben, müssen sie wenigstens 5 Zoll hoch gehoben werden; jedoch kann man hier 7 Zoll annehmen, da bei der Wirkung eines Excentricums das Heben nicht plötzlich, sondern fortdauernd geschieht. Nimmt man ferner die Länge der Arme ov und vn Fig. 538 der Hebel der Ventile wie 7 zu 5 an, so muß alsdann das Ende o ungefähr 10 Zoll niedergezogen werden, damit das Ventil 7 Zoll steige. So viel wird auch beinahe das Ende x des Armes xyX niedergehen müssen. Deshalb muß bei Gleichheit der Arme OP und yx der Punkt P gleichfalls durch einen Raum von 10 niederländischen Zollen hin- und herbewegt werden; aber der Anfang der Berührung des Hebedaumens Y hat stattgefunden, nachdem der Mittelpunkt des Excentricums bereits durch einen Bogen von 40° geführt worden ist, und weil nun mit diesem Bogen eine Extension der Bewegung von reichlich $\frac{1}{10}$ der ganzen Extension übereinstimmt (Tabelle I. Art. 249), so muß der Punkt P wenigstens durch einen Raum von 11 niederländischen Zollen geführt werden. Nimmt man von diesem Raume die Hälfte, so wird die Excentricität der excentrischen Scheibe = 5½ niederländischen Zollen. Müßte ferner die Welle (angenommen, sie sey rund) eine Dicke von 15 niederlän-

dischen Zollen haben, folglich einen Radius von 7½ Zoll, so würde die Entfernung **AB** (Fig. 539) z. B. 10½ Zoll und das Excentricum bekäme alsdann einen Durchmesser von 32 niederländischen Zollen. Wäre die Welle viereckig, so müßte bei einer Dicke von 15 niederländischen Zollen die halbe Diagonale des Vierecks mehr als 10½ Zoll lang seyn, und in der Voraussetzung, daß der Hauptdurchmesser des Excentricums nach einer Diagonale des Vierecks gerichtet werde, dürfte das Excentricum keinen kleinern Durchmesser als von 38 Zollen bekommen.

Eine Rechnungsart, wie die eben vorgetragene, ist meistentheils ausreichend; beabsichtigt man jedoch die größte Genauigkeit, um die Ventile nicht mehr und nicht weniger zu heben, als gerade angenommen worden, so versichere man sich durch Konstruction der erforderlichen Länge des Armes **OP**, oder der genauen Größe der Excentricität des Excentricums, indem man nämlich die berechneten Dimensionen als angenäherte Werthe annimmt. In jedem Falle ist eine Konstruction als Probe der Berechnung rathsam.

Die Voraussetzung, daß das Heben der Ventile erst beginne, wenn der Mittelpunkt der excentrischen Scheibe bereits durch einen Bogen von 40° über die horizontale Linie geführt ist, wurde hier nur als Beispiel angenommen. Man kann das Heben der Ventile früher und auch später anfangen lassen. Hierüber läßt sich zuvor blos nach den besondern Zwecken und Umständen in jedem vorkommenden Fall, oder nach der besondern Dimension und Zusammensetzung der mechanischen Theile (Stangen, Hebel, Kniestücke ꝛc.) entscheiden, durch welche die Ventile gehoben werden sollen.

Aber der sicherste Weg, den man einschlagen kann, um das Excentricum genau zu stellen, ist der Weg der Versuche. Ist nämlich die Welle rund,

Digitized by Google

so kann das Excentricum rechts und links um dieselbe gedreht und dann erst festgekeilt oder auf sonst eine Art festgestellt werden, wenn man den erforderlichen Stand durch Versuche gefunden hat. Bei einer viereckigen Welle ist aber dieses Verfahren nicht anwendbar, sie müßte denn an der Stelle, wo das Excentricum festgestellt werden soll, eine runde Form bekommen können, oder es müßte ein größerer Durchmesser des Excentricums keine Beschwerde verursachen. Denn in diesem letzten Falle ziehe man auf die Welle einen sauber gedrehten Ring oder vier Segmente, welche zusammen eine runde Peripherie gewähren; auf diesen Ring ziehe man das Excentricum wie auf eine runde Welle, gebe demselben bei den Versuchen den erforderlichen Stand und stelle es alsdann in diesem fest. Endlich kann der richtige relative Stand der Kurbel und des Excentricums noch dadurch erlangt werden, daß die Kurbel, wenn die Welle viereckig ist, an ein rundes Ende der Welle aufgezogen wird. Denn alsdann kann die Kurbel beim Versuch in den erforderlichen relativen Stand gebracht und nachher festgekeilt werden. Dieses Verfahren ist jedoch schwierig, weil man die Rinnen für die Keile nicht vorher in der Welle ausarbeiten kann.

Wenn die Welle einer Dampfmaschine sich fortdauernd in derselben Richtung (rechts oder links) drehen muß, so kann die excentrische Scheibe mit der Welle fest verbunden werden. Wenn die Welle rund ist, wird die feste Verbindung der excentrischen Scheibe auf's Einfachste erlangt durch einen Keil oder einen Bolzen, der zur Hälfte in einer Nuth der Welle sitzt und mit der andern Hälfte in einen ähnlichen Ausschnitt der excentrischen Scheibe eingreift; aber für diesen Zweck muß der Stand der excentrischen Scheibe im Voraus bestimmt werden können.

Digitized by Google

Nach einem andern Verfahren wird die Welle **A** Fig. 541 Nr. 1 mit einer Rippe **a** versehen, und die excentrische Scheibe **BC** mit einem Ausschnitte **bc** von ungefähr 50 oder 60°. Hierdurch wird es möglich, den Stand der excentrischen Scheibe bei den Versuchen zu bestimmen, ohne daß durch die Rippe **a** eine partielle Umdrehung oder Verschiebung verhindert wird; und wenn der richtige Stand gefunden ist, so werden die Räume **ab** und **ac** mit Schließstöcken und Keilen ausgefüllt. Man kann auch auf der Welle eine Scheibe **D** Fig. 541 Nr. 2 auf die eine oder auf die andere Art befestigen und die excentrische Scheibe **BC** an dieser Scheibe mit einer Schraube oder Mutter **c** festklemmen, indem man in der Scheibe einen kreisförmigen Schlitz **acb** anbringt, um die excentrische Scheibe behufs der Anklemmung gehörig stellen zu können. Werden die Räume **ac** und **ab** Fig. 541 Nr. 1 nicht geschlossen oder ausgefüllt, so wird die Rippe **a** sehr bald gegen einen der Winkel **b** oder **c** des Ausschnittes oder Schlitzes **bc** der excentrischen Scheibe anstoßen, und die excentrische Scheibe muß auf diese Weise von der Welle **A** wie bei einem vollkommen festen Verbande mit umgeführt werden. Darum kann auch auf diese Weise das Excentricum mit der Welle vereinigt werden, sobald der Ausschnitt **bc** im Voraus so bestimmt worden, daß beim Anschließen der Rippe **a** in einem der Winkel **b** oder **c** die excentrische Scheibe ziemlich genau die erforderliche Stellung besitzt. Das Zuviel kann durch Versuche gefunden werden, wo man alsdann von der Rippe **a** etwas abnimmt, oder lieber den Winkel **b** oder **c** tiefer ausfeilt. Dieselbe Bemerkung leidet auch Anwendung auf die Einrichtung Fig. 541 Nr. 2. Aber statt um die Welle einen Ring zu legen, kann man um dieselbe einen Kragen schmieden, oder einen Theil **bcd** eines Kragens Fig. 542, an welchen sich ein

Digitized by Google

vorwärts ragender Hebekopf oder eine Art von Daumen n der excentrischen Scheibe BC anlegen kann, so daß, wenn die Welle A in der Richtung des Pfeilchens bewegt wird, die excentrische Scheibe fortwährend an dieser Bewegung Theil nehmen muß, eben so gut, als wenn sie an die Achse geschlossen, oder mit einer Druckschraube geklemmt wäre.

Diese letzte Einrichtung ist auch diejenige, welche man bei Maschinen antrifft, deren Wellen nicht fortwährend in derselben, sondern bald in dieser, bald in jener Richtung bewegt werden müssen, wie dieses unter andern für Dampfboote sich nothwendig macht; denn die Schaufelräder eines Dampfbootes müssen sowohl nach rechts, als nach links gedreht werden können, damit die Bewegung des Bootes sowohl vorwärts als rückwärts stattfinden könne, oder damit man das Boot sowohl in der einen, als in der andern Richtung fortbewegen könne, ohne daß man es zuvor zu wenden braucht, wozu vielleicht die Gelegenheit ganz fehlen kann. Damit nun die Welle einer Dampfmaschine in entgegengesetzter Richtung getrieben werde, muß die Bewegung der Dampfschubladen, der Dampfventile, der Dampfschieber ꝛc. umgekehrt werden. Diese Steuerung geschieht mittelst der Hand; denn wenn der Dampfkolben die Hälfte seines Laufes erreicht hat, so wird die Stange der excentrischen Scheibe vom Knopfe des Kniestücks der Schubladen- oder Ventilstange gehoben und die Bewegung der Schubladen oder Klappenventile mittelst der Hand umgekehrt, so daß unmittelbar eine entgegengesetzte Bewegung des Dampfkolbens erfolgt. Damit nun aber diese entgegengesetzte Bewegung der Schubladen oder Ventile ꝛc. durch die Wirkung der excentrischen Scheibe anhalte, muß auch die Richtung dieses Excentricums auf die Welle der ersten oder ursprünglichen Richtung gerade entgegengesetzt seyn.

Digitized by Google

Und diese entgegengesetzte Richtung erlangt man durch die in Fig. 542 angegebene Einrichtung (wenn das Excentricum lose auf der Achse sitzt) ganz von selbst, sobald nämlich die Seite d des Kragens b c d genau der Seite a des Daumens n der excentrischen Scheibe B C gerade gegenüber liegt, weil alsdann diese Seiten mit einander in Berührung kommen, nachdem die Welle A in der entgegengesetzten Richtung eine halbe Umdrehung gemacht haben wird.

Derselbe Zweck läßt sich auch erreichen mit einer excentrischen Scheibe, die auf einer runden oder viereckigen Welle fest aufgezogen worden ist; denn wenn durch eine Zusammensetzung von entgegengesetzt wirkenden Schwengeln oder Kniestücken die kleine Achse, welche die Arme der Schubladen- oder Ventilstangen trägt, sowohl rechts und links, als links und rechts gedreht werden kann, so braucht man, nachdem die Bewegung der Schubladen oder Ventile ꝛc. mit der Hand umgekehrt worden ist, die excentrische Stange nur um den Knopf des zweiten Schwengels zu legen, um die entgegengesetzte Bewegung fortdauern zu lassen.

Damit eine excentrische Scheibe B C Fig. 542, welche lose auf einer Welle sitzt, sich nicht niederwärts drehe, oder daß hierzu — sowohl bei der fortdauernden Bewegung der Welle, als beim Umkehren der Richtung der Bewegung — keine größere Neigung an der einen Seite, als an der andern Seite der Welle bestehe, so wird die Schwere derselben durch eine Scheibe oder durch ein Gegenexcentricum D E balancirt (vergleiche auch Taf. XII. Fig. 114).

Manchmal gestattet es die Welle wegen umgelegter Kragen ꝛc. nicht, daß das Excentricum auf dieselbe aufgezogen werden kann; alsdann ist es aber nach den Tangenten e f und c g gleichsam ausgeschnitten und umfaßt die Welle A in dem halben

Umfange e a b c; — ein anderes offenes oder ausgeschnittenes Stück, oder das Gegenexcentricum D E umfaßt die Welle im zweiten halben Umfange e d c und setzt sich zum Theil längs der Oeffnung e f g c (um diese auszufüllen), theils an der hintern Fläche des Excentricums B C fort, um mit letzterem durch die Schrauben s, s vereinigt zu werden.

Statt das Excentricum so zu stellen, daß der Mittelpunkt M Fig. 540 durch einen Bogen von mehr oder weniger als 40° über die horizontale Linie geführt wird, ehe die Ventile geöffnet werden, kann man noch einen andern Weg einschlagen, um denselben Zweck zu erreichen. Wenn nämlich das Auge Q R der Stange der excentrischen Scheibe länger gemacht wird, als es für das Schließen um den Knopf P des Schwengels O P nöthig ist, so wird dieser Schwengel unbewegt bleiben, so lange die rechte oder linke Vertiefung R oder Q des Auges nicht in Berührung gekommen ist mit dem Knopf oder der Warze P. Nimmt man deshalb den Spielraum x y gleich dem Raume, welcher durchlaufen wird, während der Mittelpunkt des Excentricums einen Bogen von 40° oder mehr Graden beschreibt, so findet auch der Anfang des Hebens der Ventile erst nach Ablauf dieser Bewegung des Excentricums statt. Diese Einrichtung gewährt einige Vortheile. Zuerst ist es nach derselben unnöthig, das Excentricum bei den Versuchen genau zu stellen, sobald nur der wahre relative Stand ziemlich genau durch Konstruction bestimmt und das Excentricum in dem approximativ bestimmten Stande auf die runde oder viereckige Welle aufgezogen wird. Zum andern werden die Ventile beträchtlicher auf einmal, und zwar in kürzerer Zeit, geöffnet. Endlich kann der Augenblick des Oeffnens beliebig getroffen werden, so daß die Ventile in der kürzesten Zeit auf den höchsten Punkt gehoben werden, weil hierzu blos

Digitized by Google

erforderlich ist, daß das Auge QR hinlänglichen Spielraum habe und daß die Excentricität der excentrischen Scheibe groß genug sey, um dem Schwengel OP während der kürzern Zeit der Berührung des Knopfes P mit einer der Vertiefungen Q oder R die erforderliche Winkelbewegung mitzutheilen. Der Theil R muß auch durch eine Schraube bewegbar gemacht werden können (siehe Fig. 543), um den Augenblick des Oeffnens der Ventile nach Belieben und bei den Versuchen reguliren zu können. Was den sanfteren Gang anlangt, so ist ebenfalls die gewöhnliche Einrichtung — nach welcher das Auge der Stange des Excentricums für den Knopf des Schwengels keinen bedeutenden Spielraum hat — empfehlungswerther als die eben beschriebene, weil nach letzterer die Mittheilung der Bewegung mit einem Stoß erfolgt, welcher nachtheiliger wirkt, je nachdem das Oeffnen der Ventile in kürzerer Zeit vollbracht werden soll. Bei andern mechanischen Zusammensetzungen, die in Art. 281 beschrieben werden sollen, ist eine ähnliche Wirkung vorhanden; aber der Nachtheil derselben kann im Vergleich mit den oben genannten Vortheilen (jedoch nur allein hinsichtlich der Bewegung der Dampfventile oder Dampfhähne) unberücksichtigt gelassen werden.

Eine letzte Bemerkung, welche aus den vorhergehenden Betrachtungen sich ergibt, ist diese, daß das Excentricum immer durch eine Kurbel oder durch eine Warze ersetzt werden kann, die in der Felge eines Rädchens, oder in der Ebene einer Scheibe befestigt wird. Ist deshalb die Achse A Fig. 539 eine kleine Welle, die absichtlich angebracht ist, um die Bewegung für das Oeffnen der Dampfventile ꝛc. mitzutheilen — oder ist A das Ende einer Welle, deren Bewegung auf eine zweite Welle fortgepflanzt werden soll — so verbinde man dieses Ende mit einer

Kurbel, welche eben so lang ist, als die Excentricität AM, die dem Excentricum gegeben werden muß, und welche durch eine Stange in unmittelbarer Verbindung steht mit dem Knopf P des Schwengels OP Fig. 540. Eine Scheibe, mit einer Warze versehen, die in der Entfernung AM vom Mittelpunkte eingelassen und durch eine Stange mit dem Knopfe P des Schwengels OP verbunden ist, leistet denselben Dienst. Auch kann man die Bewegung der Welle A Fig. 544 auf eine nebenliegende kleinere Welle B durch zwei gleichgroße Zahnräder C, D fortpflanzen, um von dieser kleinen Welle die Bewegung für das Oeffnen der Dampfventile entweder mittelst eines Krummzapfens, oder mittelst einer kurzen Kurbel, oder mittelst einer Warze a abzuleiten, welche in das Rad D eingelassen ist und durch eine Stange ab auf den Knopf des erwähnten Schwengels wirkt. Dieser Einrichtung entsprechend, muß B gerade das Ende der kleinen Welle seyn, und man kann sie allein anwenden, wenn die Bewegung der Welle stets in derselben Richtung fortdauern, d. h. wenn die Richtung dieser Bewegung niemals umgekehrt werden muß.

280. In den neuern Maschinen von doppelter Wirkung, die mit Dampfventilen versehen sind, hat man keine concentrischen Ventile (Fig. 332), sondern ganz isolirt gestellte Ventile angewendet, welche durch viele Hebel geöffnet werden, wie z. B. in der Durchschnittszeichnung Fig. 337 angegeben ist. Bei dieser Einrichtung ist die Schwere der Stangen opr und hkl mehr als ausreichend, um die Ventile rasch herabsinken zu lassen, und damit die genaue Verschließung jedes der beiden Klappenventile ac oder bd, welche mit derselben Stange hl oder or verbunden sind, nicht unsicher sey, so ist die Stange ag oder bn des Ventils a oder b nicht fest verbunden

mit dem entsprechenden Arme h g oder o n, sondern hat in der Büchse g oder n hinlänglichen Spielraum, um im Nothfalle mit besonderer Belastung unabhängig von der Bewegung der Stange h l oder o r niedersinken zu können. Es kommt hier nun nur darauf an, die beiden Stangen o r und h l abwechselnd gegen das Ende jedes Kolbenlaufes zu heben. Hierzu dient die nachfolgende einfache Zusammensetzung, die man als eine Modification der oben beschriebenen (Fig. 538) betrachten kann, weil hier die Schwere der Stangen die Uebergewichte ersetzt.

Die unteren Enden der Stangen in Fig. 337, bezeichnet h k l und o p r, sind festgeschlossen in vorragende Stücke oder Füße A, B (Fig. 545 Nr. 1 und 2; Nr. 2 ist ein partieller Grundriß dessen, was in Nr. 1 im Aufrisse dargestellt ist). Unter denselben liegt eine horizontale Welle C, an welcher befestigt sind die Arme D C E, F C G, die durch die horizontalen kurzen Stangen D F und E G in Verbindung gesetzt werden. Diese Welle wird mit dem Schwengel C P abwechselnd gedreht, da dessen Knopf oder Warze von dem Ende der Stange des Excentricums S T umfaßt ist. Durch die abwechselnde Bewegung der Welle C müssen die Stangen E G, D F abwechselnd gestoßen werden gegen die Füße A und B der Ventilstangen; diese Stangen und die entsprechenden Ventile müssen deshalb abwechselnd gehoben werden. Sie sinken herab durch eigne Schwere, fallen aber nicht plötzlich nieder, weil sie der Bewegung der Arme D E, G F folgen und durch die Welle C unterstützt werden, sobald die Berührung mit den Stangen D F und E G aufhört. — In den Füßen A, B sind zwei kurze Warzen oder Knöpfe a und b eingelassen, und dienen als Verbindungspunkte, um die Stangen mit der Hand steuern zu können, wenn die Dampfmaschine angelassen werden

Digitized by Google

soll. Denn befestigt man zwei Hebel p q und s t in zwei feste Augen O, O und dreht man dieselben um einen Viertelskreis, so daß sie unter den Knöpfen a, b an den Füßen A, B anliegen, so ist es mit diesen leicht, die Stangen und die mit ihnen verbundenen Ventile mit der Hand zu heben ꝛc. Daß hierzu immer auf die eine oder die andere Weise Gelegenheit vorhanden seyn müsse, wie übrigens auch die mechanische Einrichtung für die Bewegung der Ventile, der Hähne, der Schubladen ꝛc. seyn möge, unterliegt keinem Zweifel.

281. Die abwechselnde Bewegung der Ventile, welche letzteren durch die Wirkung einer excentrischen Scheibe, oder einer Kurbel mitgetheilt wird, ist für den Zweck ganz ausreichend, und um die Bewegung mit dem geringsten Kraftverluste fortzupflanzen, kann kein besseres Mittel ersonnen werden. Inzwischen kann die Bewegung der Ventile durch die Umdrehung einer Welle mit andern mechanischen Mitteln, besonders mit krummlinigen excentrischen Scheiben, oder Hebedaumen bewerkstelligt werden, deren Anwendung dem Zwecke sehr gut entspricht; man wendet sie an, um nämlich die Ventile — wenn man weniger Rücksicht nimmt auf Stöße, welche bei Anwendung dieser Mittel unvermeidlich sind — so viel wie möglich auf einmal zu öffnen und niederfallen zu lassen, oder niederzudrücken.

Man kann z. B. auf die Welle A Fig. 546 eine krummlinige excentrische Scheibe, oder einen Hebedaumen B C D E F B ziehen, welcher mittelst einer Rolle r auf den horizontalen Arm G H eines gebogenen Hebels oder Kniestückes G H I wirkt. Während die Rolle r durch das Gewicht P stets gegen den Umfang der excentrischen Scheibe angedrückt wird, muß bei der Umdrehung der Welle A der Arm G H auf- und niedergedreht werden. Verbindet man des-

Digitized by Google

halb einen Punkt I, L oder M des vertikalen Armes H M mit dem Knopfe des Schwengels der Ventilstangen, so kann dieser in der erforderlichen Richtung hin- und hergedreht werden. Der Anfang der aufsteigenden Bewegung beginnt, wenn der Punkt B mit der Rolle r in Berührung kommt, und wenn die Welle A den Bogen B K beschrieben hat, wird auch der Hebelarm G H bis zu der verlangten Höhe C K emporgedreht, und die entsprechenden Ventile werden bereits bis zur größten Höhe gehoben seyn. In diesem Stande werden sie erhalten werden, so lange der kreisförmige Theil C D mit der Rolle r in Berührung bleibt; deshalb wird die Rolle an der runden Böschung D E herabsteigen, und wenn sie bis E gelangt ist (transversal B gegenüber), so werden die Ventile geschlossen seyn und geschlossen bleiben, während die zweite halbe Umdrehung der Welle A vollbracht wird; denn während dieser Bewegung bleibt die Rolle r mit der halben Kreisperipherie E F B in Berührung. Je kleiner der Bogen B K ist, desto geschwinder werden die Ventile geöffnet; jedoch wird auch alsdann die krummlinige Böschung B C steiler, und es muß ein bedeutender Kraftverlust stattfinden. Man regulire deshalb die Größe des Bogens B K nach der Höhe C K, bis zu welcher der Hebelarm G H gedreht werden muß, so daß die krumme Linie B C eine leidliche Form bekomme, und die Uebergänge des krummlinigen Theiles zu dem kreisförmigen C D und F B sanft seyen. Der Bogen B K kann deshalb kleiner seyn, sobald die Höhe C K kleiner ist. Eine geringe Höhe ist dann hinsichtlich des geschwinden Oeffnens der Ventile vortheilhaft; und da die Höhe, bis zu welcher die Dampfventile gehoben werden müssen, immer gering ist (selten größer als 7 oder 8 niederländische Zoll), so

Digitized by Google

kann man die so eben aufgestellte Bedingung auch immer erfüllen.

Man wird, was die Wirkung der excentrischen Scheibe **BCDE** anlangt, auch die Ueberzeugung erlangen, daß durch dieselbe nur eins der beiden Ventilpaare bewegt werden kann. Für die Wirkung des zweiten Klappenpaares wird deshalb eine zweite ähnliche excentrische Scheibe erfordert; diese zweite excentrische Scheibe muß der ersten genau gegenüber liegen (wie durch den punktirten Umfang **BcdE** angedeutet ist); auch muß sie vor oder hinter der ersten excentrischen Scheibe liegen, um auf einen zweiten gebogenen Hebel wirken zu können ꝛc. *). Die relative Stellung dieser Excentrica auf der Welle **A**, d. h. mit Beziehung auf die Richtung der Kurbel dieser Welle, muß auf die im Art. 279 für die Stellung der excentrischen Scheibe angegebene Art bestimmt werden. Da man es in seiner Gewalt hat, den Schwengel der Ventilstangen sowohl aufwärts, als niederwärts zu richten, oder auch die Richtung und Stellung des Kniestückes **GHI** zu verändern, so kann man auch bewirken, daß die Rollen **r** durch die Schwere der Ventilstangen an das Excentricum hinlänglich angedrückt werden, und daß also die He-

*) Man kann die abwechselnde Bewegung der beiden Ventilpaare durch die Wirkung eines Excentricum hervorbringen; dieses Excentricum kann jedoch kein anderes, als die eigentliche excentrische Scheibe seyn. Aber in diesem Falle ist kein Grund vorhanden, um ein solches Excentricum nicht lieber auf die gewöhnliche Weise in einem Ringe wirken zu lassen; und über dieß wird mit demselben dem hier beabsichtigten Zwecke nicht genügt, nämlich die Ventile in dem kleinstmöglichen Theile der Dauer einer halben Umdrehung der Welle **A** zu öffnen und wieder niederfallen zu lassen.

Digitized by Google

belarme keine größere Länge als **HR**, noch auch eine besondere Belastung bedürfen.

Weil jedes der beiden Excentrica auf ein besonderes Knieſtück und jedes der Knieſtücke wieder auf einen besondern Schwengel und Welle wirken muß, so wird die ganze Zusammenſetzung sehr complicirt und auch weniger geeignet für eine dauerhafte gute Wirkung. Aus dieſen Gründen iſt es beſſer, die Bewegung der Welle **A B** Fig. 547 durch Kegelräder **C, D, E, F** auf eine kleinere Welle **G H**, welche gerade unter den Ventilſtangen liegt, fortzupflanzen und auf dieſe Welle die Excentrica **I, K** zu ziehen, welche alsdann unmittelbar auf die Ventilſtangen wirken werden (vergleiche auch Fig. 336). Die Geſchwindigkeit der Umdrehung der Welle **G H** muß gerade gleich ſeyn derjenigen der Hauptwelle **A B** der Dampfmaſchine. Für dieſen Zweck dürfen die Räder **C** und **F** an Größe nicht differiren; auch müſſen **D** und **E** gleich ſeyn, jedoch können **D** und **E** mit **C** und **F** differiren, und zwar in der Vorausſetzung, daß **A B** die erſte oder Hauptbetriebswelle ſey. Wenn **A B** eine zweite Welle wäre, ſo könnten **C** und **D** einander gleich ſeyn, **E** und **F** aber von der relativen Größe, daß die Welle **G H** mit der Geſchwindigkeit der erſten Welle umgedreht würde. Aus den Figuren 548 Nr. 1 und 2 kann man die Art der Wirkung der Hebedaumen oder Excentrica **B C D E** gegen die Rolle **r**, mit welcher die untern Enden der Ventilſtangen **P Q** verſehen ſind, deutlicher erſehen.

In der erſten Figur iſt das Excentricum breiter abgebildet, als in der zweiten Figur, ſo daß die Extenſion des Bogens **B K** Nr. 1 kleiner iſt, als die Größe des Bogens **B K** Nr. 2, und die Ventile mit dem erſten Excentricum geſchwinder werden gehoben werden, als mit dem zweiten; aber dieſe Dimenſion möge nur dann beſtehen, wenn durch die geringere

Digitized by Google

Größe der Ventile auch die Höhe **CK**, bis zu welcher sie mit ihren Stangen gehoben werden müssen, gering ist.

Die Welle **A** der Excentrica darf nicht rund seyn, damit man die Excentrica bei den Versuchen genau stellen könne (ja es hat sogar eine viereckige Welle für den festen Schluß dieser Stücke, deren Stöße unaufhörlich zurückwirken, den Vorzug); denn ihre gehörige Stellung kann auf die einfachste Weise erlangt werden, indem man die Welle **HG** (Fig. 547) besonders dreht, oder das Rad **F** versetzt, bis die relative Stellung der Excentrica und der Kurbel der Maschine getroffen ist.

Die Rollen **r** Fig. 548 sind wegen geschwinder Abnutzung der Nägel und deren Augen nicht immer anzuempfehlen. Für die Dauerhaftigkeit, und um im Nothfalle die Höhe der Excentrica vermindern zu können, ist es besser, die unteren Enden der beiden Ventilstangen **PQ** Fig. 549 durch Gelenke **Q** mit den Enden zweier Hebel **QR** zu verbinden, die sich um feste Nägel oder um Bolzen in festen Augen **R** drehen. Die Excentrica oder Hebedaumen **BCDE** können unmittelbar an den unteren Seiten dieser Hebel wirken und bedürfen beinahe keiner krummlinigen Form **BC** oder **DE**, weil es die Ecken **C** und **D** sind, welche zuerst mit den Hebeln in Berührung kommen, und dieselben erst in dem Augenblicke des vollkommenen Schließens der Ventile verlassen können.

Man kann die Excentrica an den Stangen **PQ** statt an den Hebeln **QR** wirken lassen, sobald nur diese Stangen mit breiten und ebenen unteren Flächen versehen werden. Auch werden sie ersetzt durch Ringe Fig. 550, wenn die Welle der Excentrica **E** höher liegt. Eben so kann man ohne Excentricum ganz einfach mit einer Kurbel oder auch mit dem

Digitized by Google

Krummzapfen **C D** einer Welle **A B** Fig. 551 Nr. 1 und 2 die Ventilstangen in kurzer Zeit hinlänglich heben; denn obgleich die Ventile erst nach dem vierten Theil einer Umdrehung der Welle **A** völlig gehoben seyn können und unmittelbar darauf wieder fallen müssen, gewähren sie gleichwohl eine geräumige Oeffnung, wenn die Kurbel oder der Krummzapfen **C** nur durch einen Bogen von 30° über die Horizontallinie **x y** (unter welche die Fläche **F G** des Ringes nicht herabsteigen darf) geführt ist.

282. Mit dieser Einrichtung und mit derjenigen des Excentricums **E** Fig. 550 hat die Einrichtung des sogenannten dreieckigen Excentricums Fig. 552 und Fig. 553 viel Aehnlichkeit. Die Seitenflächen dieses Excentricums sind cylinderförmig, oder lieber kugelförmig; im Durchschnitt hat es die Gestalt eines Dreieckes, dessen Seiten von den Bogen **n o**, **n p**, **o p**, von 60°, aus den darüber liegenden Winkelpunkten beschrieben, gebildet werden. Der Mittelpunkt dieses Dreiecks entspricht nicht der Mitte der Welle **A B** (wie z. B. in Fig. 334 irrthümlich dargestellt ist), sondern liegt in einer der Seiten **o**, welche in der Richtung des Durchmessers **v w** Fig. 552 Nr. 2 der Welle **A B** liegt. Diese Seite ist deshalb die geometrische Achse, um welche sich das Excentricum dreht, und somit kann man sie betrachten, als bilde sie einen Krummzapfen der Welle **A B**. Wenn die Stange **P Q** durch eigne Schwere niedergehen soll, so muß der Ring für die freie Bewegung des Excentricums eine hinlängliche Oeffnung haben, und es wird sich dann allein die inwendige ebene Oberseite **x y** mit dem Dreieck oder Excentricum in Berührung befinden. Aber wenn sowohl die aufsteigende, als die niedersteigende Bewegung der Stange **P Q** Fig. 553 durch das Excentricum bewirkt werden soll, so muß dasselbe gleichsam in den Ring ge-

schlossen seyn, um sowohl gegen eine ebene Oberseite xy, als gegen eine Unterseite zz wirken zu können. In jedem Falle ist der Raum, durch welchen die Stange PQ auf- und niederbewegt wird, der Höhe or des Dreiecks gleich.

Obgleich es auf den ersten Blick den Anschein hat, daß man mit einem solchen dreieckigen Excentricum keine andere Wirkung bekomme, als mit dem Krummzapfen CD Fig. 551 einer Welle AB, so ist diese Wirkung dennoch sehr verschieden. In dem Stande opn Fig. 554 des Dreiecks sind die entsprechenden Ventile geschlossen; die ebene inwendige Seite xy des Rings läuft durch die geometrische Achse der Umdrehung o, und die Linie op bildet mit xy einen Winkel von 30°. Sobald das Dreieck um die Linie o gedreht wird, wird xy zugleich gehoben (obgleich im Anfange nur wenig); wenn xy die größte Höhe x'y' erreicht hat, befindet sich das Excentricum im höchsten Stande oqs; die Linie op ist dann vertikal gerichtet nach os und wird nun bereits durch einen Bogen pqs von 120° geführt seyn. Während die kugelrunde Seite sq unter der Linie x'y' durchgeht, bleibt der Ring in Ruhe, d. h. die Ventile werden im höchsten Stande erhalten; hierbei durchläuft der Punkt s einen Bogen von 60°, bis die Linie oq in den vertikalen Stand von os gelangt ist. Alsdann fängt x'y' herabzusteigen an und das ganze Herabsteigen bis xy, d. i. das vollkommene Schließen der Ventile, findet nicht eher statt, als bis das Excentricum in den Stand otn gelangt ist und wiederum (wie bei der aufsteigenden Bewegung) einen Bogen von 120° durchlaufen haben wird. Hieraus folgt, daß von dem Augenblicke der Oeffnung bis zum Augenblicke des vollkommenen Schlusses das Excentricum durch einen Bogen von 120 + 60 + 120 = 300° oder durch $\frac{5}{6}$ des Umfanges geführt

wird. Die Extenſion dieſer Bewegung wird kleiner ſeyn und auf $\frac{4}{6}$ oder $\frac{2}{3}$ des Umfanges beſchränkt werden, ſobald die Seiten des Dreiecks nicht kugelförmig, ſondern eben ſind und der Durchſchnitt alſo ein geradliniges, gleichſeitiges Dreieck lieferte; aber die Mittheilung der Bewegung erfolgt dann weniger ſanft.

Es fehlt deshalb noch viel daran, daß man die hier gedachte Wirkung mit dem beſchriebenen dreieckigen Excentricum vollkommen erlangen könnte. Denn die Welle, mit welcher das Dreieck verbunden iſt, oder von welcher es nur einen Krummzapfen bildet, muß nothwendig dieſelbe Geſchwindigkeit der Umdrehung haben, wie die erſte Welle der Maſchine. Deshalb muß das Oeffnen und das Schließen der Ventile in einer halben Umdrehung dieſer Welle vollbracht werden, und während der folgenden halben Umdrehung müſſen die Ventile geſchloſſen bleiben. Mit dem Dreiecke dagegen macht die Welle $\frac{4}{6}$ Umdrehung für das gedachte Oeffnen und Schließen und der vollkommene Schluß dauert blos die kurze Zeit von $\frac{1}{6}$ Umdrehung. Anzunehmen, daß die verlangte Wirkung ſtattfinden müſſe, wenn die Welle der Excentrica mit doppelter Geſchwindigkeit gedreht würde, würde ein großer Irrthum ſeyn, indem durch dieſe Modification die Zeit der Oeffnung der Ventile zwar kürzer wird, als die Dauer des Kolbenlaufs, aber auch die Zeit, während welcher die Ventile geſchloſſen bleiben, nur $\frac{1}{12}$ (ſtatt $\frac{12}{12}$) der Dauer des Kolbenlaufs betragen kann.

Es läßt ſich jedoch durch eine andere, ſehr einfache Modification der verlangte Zweck vollkommen erreichen. Die Stangen **P Q** Fig. 552 und 553 ſind nämlich mit den Ventilſtangen durch kurze Arme, wie z. B. **h g** Fig. 555 (übereinſtimmend mit der Einrichtung, welche in Fig. 337 angegeben iſt) verbunden. Dieſer Arm iſt mit einer Büchſe **h** und mit

einer Schraubenmutter m an die Stange PQ geschlossen und mit derselben fest verbunden. Die Verbindung mit der Stange a'g des Ventils muß auf dieselbe Weise bestehen können, aber man denke sich g als eine Büchse, von welcher die Stange ganz lose, ohne alle Klemmung umschlossen wird. Ist nun in dem angenommenen Stande das Ventil a geschlossen und die Schraubenmutter n in einiger Entfernung von der Büchse g angezogen, so kann die Oeffnung des Ventils erst dann ihren Anfang nehmen, wenn die Stange PQ hinlänglich emporgehoben ist und die Büchse g mit der Schraubenmutter n in Berührung kommt. Beim Herabsteigen der Stange PQ wird umgekehrt das Ventil bereits geschlossen seyn, ehe die Bewegung der Stange zu Ende ist, und man braucht also die Mutter n nur auf diese Entfernung von der Büchse g zu stellen oder zu drehen, daß die Berührung dieser Theile beginnt, wenn das Dreieck opn Fig. 554 mit dem Punkte p 30° über die horizontale Linie xy gekommen seyn wird; denn alsdann werden die Ventile durch die Wirkung des beschriebenen Excentricums am Ende jeden Kolbenzugs regelmäßig aufgehoben und niedergelassen.

Da in dem so eben genannten Stande die Entfernung vom Punkte p bis zur Linie xy gleich ist der halben Höhe des Dreiecks, so muß auch die Entfernung von der Schraubenmutter n und der Büchse g Fig. 555 dieser halben Höhe gleich seyn, und die Höhe der Dreiecke wird deshalb gleich der doppelten Höhe, bis auf welche die Ventile gehoben werden müssen.

283. Um die Ventile einer Dampfmaschine von doppelter Wirkung so zu steuern, daß der Dampf durch Ausdehnung wirken kann, muß jedes der Ventile ganz besonders bewegt werden. Diese Bewegungen können abgeleitet werden von der auf- und nie-

Digitized by Google

dergehenden Bewegung der Luftpumpenkolbenstange und von derjenigen einer besondern Welle, die nahe an der Dampfkammer liegt und auf die in Fig. 547 angegebene Weise durch die erste, oder durch eine zweite Welle getrieben wird. Um die verlangten Bewegungen herzustellen durch die Bewegung der Luftpumpenkolbenstange bedarf es einer ähnlichen, jedoch noch complicirteren Zusammensetzung, als diejenige ist, die bei Maschinen von einfacher Wirkung angewendet werden muß (Fig. 535). Nicht weniger complicirt, obschon genauer in der Wirkung, wird die Zusammensetzung, wenn die Bewegungen abgeleitet werden von der Welle der Maschine; denn für jedes Ventil muß auf diese Welle eine excentrische Scheibe aufgezogen werden, und jede dieser Scheiben muß mit besondern Schubstangen auf ihr entsprechendes Ventil wirken, entweder nach der in Fig. 546 angegebenen Art, oder nach Anleitung der bereits in der II. Abth. III. Kap. Art. 63. Fig. 53 bis 59. Taf. VI. erklärten Einrichtung. Der letzte Weg, den man noch einschlagen kann, führt zugleich auch zur verhältnißmäßig einfachsten Einrichtung; denn an sich selbst ist diese Einrichtung immer zusammengesetzt und um so weniger von Nutzen in der Anwendung, weil Maschinen mit Dampfventilen niemals den Vorzug haben vor Maschinen mit Dampfschubladen ꝛc., und auch weil die Wirkung einfacher erlangt werden kann, wenn man die Dampfventile je zwei und zwei auf die gewöhnliche Weise hebt und in das Dampfrohr ein besonderes Ventil oder Hahn bringt, welcher in dem bestimmten Augenblicke geschlossen wird, wo der Dampf anfangen soll, durch Ausdehnung zu wirken (vergl. Art. 221).

Um nun die Bewegung der Ventile in der erforderlichen Regelmäßigkeit abzuleiten von derjenigen einer kleinen Welle, die nahe an den Dampfkammern

Digitized by Google

liegt und mit derselben Geschwindigkeit getrieben wird, mit welcher die erste Welle umläuft, müssen auf diese Welle vier Excentrica aufgezogen seyn, von denen jedes besonders auf ein entsprechendes Ventil wirkt. Diese Excentrica können die Form von Dreiecken Figur 552 haben, wenn nur nach Anleitung dessen, was in Art. 282 entwickelt worden ist, die Schraubenmutter n Fig. 555 in solche Entfernung von den Büchsen g gebracht werden, daß die Dampfventile nur während des vorher bestimmten Zeittheils der Bewegung des Dampfkolbens geöffnet bleiben. Es verursacht keine Schwierigkeit, die relative Richtung der Dreiecke oder der Krummzapfen der Welle zu bestimmen, so daß sie in den richtigen Augenblicken nach einander zu wirken beginnen; denn das Dreieck für das unterste Ausflußventil muß zu wirken anfangen, wenn die Wirkung des Dreiecks für das oberste Ausflußventil aufhört. Deshalb müssen diese Dreiecke einander entgegengesetzt und, den Grundsätzen des Art. 282 gemäß, sich in den Ständen o p q und o r s Figur 556 befinden. Mit dem Oeffnen des untersten Ausflußventils muß übereinstimmen das Oeffnen des obersten Dampfventils, und das Oeffnen des untersten Dampfventils muß gleichzeitig mit demjenigen des obersten Ausflußventils stattfinden, so daß die Dreiecke für die Dampfventile auch einander gegenüber liegen müssen. Aber um nun die Dampföffnungen z. B. bei $\frac{9}{16}$ des Kolbenlaufs abzusperren, müssen die Dampfventile in weniger als $\frac{9}{32}$ der Umdrehungszeit der Welle der Dreiecke gehoben und niedergelassen werden. $\frac{9}{32}$ von 360° ist beinahe 100°; die Extension des Bogens der Dreiecke beträgt 60°; deshalb müssen die Dreiecke für die Dampfventile hinsichtlich der beiden andern Dreiecke in die Stellungen o a b und o c d gerichtet seyn, so daß die Bogen b z und d v gleich 20° sind. Sie beginnen alsdann mit 20° Entfernung von der vertikalen Linie z v zu wirken, — endigen mit 20° jenseits die-

Digitized by Google

ser Linie, — halten das entsprechende Ventil geöffnet, während die Bogen ab oder cd von 60° durch den höchsten Punkt z gehen, und durchlaufen also von Anfang bis zu Ende einen Bogen von 20° + 20° + 60° = 100°. Damit aber die Höhe, bis zu welcher die Ventile in dem kurzen Zeittheile von $\frac{20}{360}$ oder $\frac{1}{18}$ einer Umdrehung gehoben werden, ausreichend sey, muß die Höhe der Excentrica für die Dampfventile wenigstens achtmal größer seyn, als die Höhe der Excentrica oder Dreiecke für die Ventile der Abzugsöffnungen. Durch diesen Umstand können Einrichtung und Konstruction der Theile sehr erschwert werden, während die richtige Konstruction einer schmiedeeisernen Welle mit vier verschieden gerichteten Krummzapfen von einem netten dreieckigen Durchschnitte schon an und für sich keine geringe Schwierigkeit darbietet.

Aus diesen Gründen gebe man krummlinigen Excentricas A, B, C, D Fig. 557, welche auf dieselbe runde oder viereckige Welle aufgezogen sind und auf die Weise, welche in den Figg. 548 oder 549 angegeben ist, gegen die untern Enden der Stangen wirken, mit welchen die entsprechenden Ventile gehoben werden sollen, den Vorzug.

Wir wollen annehmen, daß das Verschließen der Oeffnungen der Dampfventile beginne, wenn der Dampfkolben $\frac{2}{16}$ seines Laufs zurückgelegt hat. Man beschreibe mit einem beliebigen Radius Om Fig. 557, Nr. 1 einen Kreisbogen qmp; es sey ab = $\frac{2}{16}$ des Durchmessers des Kreises, zu welchem dieser Bogen gehört; man ziehe bc parallel mit Om und mache die Bogen mp und mq gleich der Hälfte des Bogens ac, so stimmt der Winkel pOq überein mit $\frac{2}{16}$ des Kolbenlaufs. Es sey mn die Höhe, bis auf welche die Ventile gehoben werden müssen; man ziehe nP parallel mit On; — Pr senkrecht auf OM, — und mit OP als Radius einen Kreis MG; — so

ist r P die vertikale Richtung, in welcher die Stange des entsprechenden Ventils gehoben werden muß und O M oder O Q die Länge des Excentricums A, aus dem Drehungspunkte gerechnet. Trägt die Stange an dem untern Ende eine Rolle r, so beginnt der Anfang der Berührung des Excentricums im Punkte r. Von r bis Q mache man die Form des Excentricums ganz rund, und alsdann ist es begreiflich, daß bei der Bewegung des Excentricums in der Richtung Q M P die Stange bis zur Höhe r P gehoben werden und auch in dieser Höhe erhalten werden muß, so lange der Punkt Q noch nicht in P gelangt ist; denn jenseits dieses Punktes hört die Berührung auf und die Stange muß niedersteigen. Diese Bewegung wird vollbracht, während Q den Bogen Q P, entsprechend $\frac{9}{16}$ des Kolbenlaufs, beschreibt, d. h. in $\frac{9}{16}$ der Zeit der auf- und niedergehenden Bewegung des Dampfkolbens. Folglich wird das Excentricum A die gehörige Stellung und Dimension haben, um eins der Dampfventile in dem bestimmten Zeittheile zu heben und fallen zu lassen.

Man wird hieraus bei fernerer Erwägung es begreiflich finden, daß die Excentrica für das Heben der übrigen Ventile eben so geformt und auf derselben Achse gerichtet seyn müssen, wie in den Figuren 557, Nr. 2, 3 und 4 besonders dargestellt ist. Da das Excentricum A zum Heben des obersten Dampfventils bestimmt ist, so muß das zweite Excentricum B auf die Stange des untersten Ausflußventils wirken. C ist A entgegengesetzt und für das unterste Dampfventil bestimmt, während mit D, gegenüber von B, das oberste Ausflußventil gehoben werden muß; denn es ist die Zeit, in welcher das Heben und Niederlassen der Ausflußventile geschehen muß, gleich derjenigen eines Kolbenlaufs oder einer halben Umdrehung der Welle.

Digitized by Google

Wenn eine Dampfmaschine eine andere Einrichtung hat, als die hier angenommene, und wenn die Bewegung des Dampfkolbens anders stattfindet oder auf eine andere Weise fortgepflanzt wird, so können auch die mechanischen Theile für die Bewegung und für die Steuerung der Dampfventile Modificationen bedürfen, durch welche sie im äußerlichen Ansehen ganz verschieden von den eben betrachteten erscheinen (vergl. z. B. Fig. 69 ffg.). Das Abgehandelte kann indessen zur Grundlage in allen vorkommenden Fällen dienen. Und obgleich der Gebrauch der Dampfventile immer seltener geworden ist, so wird hierdurch der Nutzen der ausführlichen Betrachtung der Bewegungs- und Steuerungsart dieser Theile nicht vermindert, da sie eben so gut Anwendung leidet, wenn der Zufluß und Abfluß des Dampfes durch andere Mittel, z. B. durch Hähne, Schubladen ꝛc., regulirt wird. Deshalb können auch in Bezug auf diese Mittel die nöthigen Erwägungen kürzer seyn.

B. Bewegung der Dampfhähne.

284. Die Bewegung der Dampfhähne ist entweder abwechselnd oder anhaltend rotirend, und diese Bewegung kann mit oder ohne Zwischenpausen stattfinden. Man kann dieselbe ableiten: 1) Von der Bewegung der Dampfkolbenstange oder von derjenigen einer Stange, welche gleichzeitig mit dem Dampfkolben und durch dieselbe, oder durch eine kleinere Extension bewegt wird. 2) Von der Welle der Maschine, mit Hilfe von excentrischen Scheiben, Kniestücken, kleineren Wellen und Räderwerk, oder zum Theil gezahnten Bogen. Der Balancier oder die Kolbenstange der Luftpumpe werden hier nicht genannt, weil Maschinen, in welchen der Zu- und Abfluß des Dampfs mit Hähnen regulirt wird, nicht gut von einem andern, als von kleinem Kaliber seyn können,

Digitized by Google

und am zweckmäßigsten mit hohem Druck ohne einen eigentlichen Balancier wirken müssen.

Aus dem in Kap. III. §. II. u. VII. Art. 209 und 222 Abgehandelten wird man sich erinnern:

1) Daß die Hähne mit einem, zwei und drei Wegen (Fig. 344 — 358), oder die Hähne mit vier Wegen (Fig. 359 und 367) nicht anhaltend rotirt werden können, wenn zur richtigen Zeit der Zu- und Abfluß des Dampfs nach dem Dampfrohr und nach dem Evacuationsrohre stattfinden soll; sondern daß deren Bewegung gegen Ende des Kolbenlaufs abwechselnd stattfinden müsse.

2) Daß manche Hähne mit vier Wegen (Fig. 360, 361), wie auch die hohlen Dampfhähne (Fig. 364 und 365) sowohl abwechselnd am Ende des Kolbenlaufs, als anhaltend ohne Zwischenpausen während des ganzen Kolbenlaufs gedreht werden können; aber in dem letzten Falle bleiben die Dampföffnungen nicht so lange Zeit ganz geöffnet, als im ersten Falle.

3) Daß, um den Dampf auch mit Ausdehnung wirken zu lassen, die Hähne mit zwei, drei und vier Wegen (Fig. 393 — 397) ebenfalls zweckdienlich sind und sowohl bei abwechselnder, als bei continuirlicher Bewegung mit oder ohne Zwischenpausen.

4) Um den Dampf durch Hähne mit einem Weg oder mit zwei und drei Wegen ein- und ausfließen zu lassen, sind immer zwei Hähne erforderlich, nämlich einer für die oberste und einer für die unterste Dampföffnung. Um dieselbe Wirkung mit einem Hahne zu bekommen, kann allein von dem Hahne mit vier Wegen Gebrauch gemacht werden.

5) Die Extension, in welcher ein Hahn bei abwechselnder Bewegung gedreht werden muß, differirt etwas mit ihrer Einrichtung. Sie beträgt z. B. einen Viertelumfang für Hähne mit einem Wege Fig. 344 — 346 und eben so viel für Hähne mit drei

Digitized by Google

und vier Wegen Fig. 354, 355, 358, 360, 362, 363 und 367. Für die Hähne mit zwei Wegen Fig. 347 und 350, wie für Hähne mit vier Wegen, welche im Durchschnitte die Form und die Dimension von Fig. 359 und 361 haben, ist eine drehende Bewegung von $\frac{1}{6}$ Umfang ausreichend. Dagegen muß der Hahn Fig. 351 auf $\frac{1}{3}$ Umfang gedreht werden, und die hohlen Hähne Fig. 364 und 365 müssen abwechselnd halb umgedreht werden. Wirkt der Dampf durch Ausdehnung, so werden die Extensionen der Bewegung im Allgemeinen nicht größer, sondern die Zwischenpausen verändern sich, je nachdem das Verschließen der Dampföffnungen in einem andern Zeitpunkte der Bewegung des Kolbens stattfinden soll.

285. Wenn die Dampföffnungen abwechselnd in Communication gebracht werden mit dem Dampfrohr und mit der Ausflußröhre durch einen einzelnen vierwegigen Hahn, der im Durchschnitte die in Fig. 360 — 363 angegebene Gestalt besitzt, so bekommt man den verlangten Effect sowohl durch das abwechselnde Hin- und Herdrehen, als durch die continuirlich rotirende Bewegung des Hahns. Im letzten Falle muß der Hahn einmal umgedreht werden während der Zeit, die von zwei auf einander folgenden Kolbenspielen, also durch vier einzelne Kolbenläufe, begrenzt wird *). Deshalb muß diese Bewegung in der halben Zeit einer Umdrehung der Welle der Maschine stattfinden, und sie wird deshalb sehr leicht mit Räderwerk von der Bewegung der Welle abgeleitet. Eben so gut können hohle Hähne (Fig. 364 und 365) anhaltend gedreht werden; aber die Geschwindigkeit der

*) In Art. 209 wurde gesagt: in jedem Falle dreht sich der Hahn einmal herum bei jedem Kolbenspiel. Man berichtige dieses dahin, oder corrigire so: einmal herum bei je zwei Kolbenspielen.

Digitized by Google

Bewegung muß genau derjenigen der Welle gleich seyn, d. h. der Hahn muß einmal bei jedem doppelten Kolbenlauf oder bei jedem Kolbenspiel umgedreht werden.

Die langsame Bewegung der rotirenden Hähne mit vier Wegen befördert die gute Wirkung derselben; aber die Dampföffnungen bleiben nur sehr kurze Zeit ganz offen, es müßte denn keine Schwierigkeit verursachen, die Dimension des Hahns um so viel größer zu nehmen, als die Weite der verschiedenen Röhren (Fig. 361), daß die Entblößung und Bedeckung der genannten Oeffnungen gegen das Ende des Kolbenlaufs stattfinden kann. Jedoch können die Dampföffnungen auf einmal in Communication gebracht werden mit dem Dampfrohr und mit dem Abflußrohr, und diese Communication kann während des größten Theils der Zeit der auf- und niedergehenden Bewegung des Dampfkolbens fortdauern, wenn der Dampfhahn mit Zwischenpausen umgedreht wird. Für diesen Zweck muß der Hahn Fig. 360 am Ende jedes Kolbenlaufs durch $\frac{1}{4}$ Umfang gedreht werden, was man durch ein zum Theil gezahntes Räderwerk bewirken kann. Man denke sich z. B. eine kleine Welle in der Nähe des Hahns, welche ihre Bewegung von der Welle der Maschine empfängt und auch mit derselben Geschwindigkeit, wie letztere getrieben wird. Auf diese Welle sey eine Scheibe, oder ein Rad aufgezogen, welches an zwei einander gegenüber liegenden Punkten drei Zähne von der Größe hat, daß deren Theilung (Schrift) $\frac{1}{16}$ des ganzen Umfangs der Scheibe beträgt. Am Schlüssel des Hahns sitze wiederum eine Scheibe mit zwölf Zähnen von derselben Theilung, wie die oben genannten Zähne der größern Scheibe. Wenn nun die Zähne der größern Scheibe in diejenigen der kleinern eingreifen können, so liegt es auf der Hand, daß am Ende von jeder halben

Umdrehung der Welle, nämlich gegen das Ende der Bewegung des Dampfkolbens, die kleinere Scheibe in einer Extension von drei Zähnen gedreht werden muß, und auf diese Weise wird auch der Hahn mit gleichen Zwischenpausen durch den vierten Theil des Umfangs gedreht. Für diese Bewegung ist $\frac{1}{4}$ der Zeit der auf- und niedergehenden Bewegung des Kolbens erforderlich, und wenn man den Hahn so stellt, daß $\frac{3}{4}$ dieser Bewegung mit dem Ende jedes Kolbenlaufs vollbracht sind und das übrige $\frac{1}{4}$ bei dem Anfange des folgenden Hubes, so wird die Wirkung der Maschine auf eine regelmäßige Weise fortdauern. Aber da diese Art der Wirkung auch eben so gut erlangt wird durch eine abwechselnde Bewegung des Hahns, so ist kein Grund vorhanden, um der rotirenden Bewegung mit Zwischenpausen den Vorzug zu geben, und dieses um so weniger, weil die erste Art der Bewegung einfacher mitgetheilt werden kann, als die letztere.

Wenn für jede der Dampföffnungen ein vierwegiger Hahn (Fig. 359) angebracht wird, so kann man die Wirkung nicht erlangen durch eine rotirende Bewegung der Hähne. Die abwechselnde Bewegung ist alsdann nothwendig eben so, als für die Fälle, in welchen für denselben Zweck Hähne mit eins, zwei und drei Wegen angewendet werden. Diese Bewegung kann continuirlich seyn, oder unterbrochen. Im ersten Falle ist die Mittheilung der Bewegung sanft; sie findet mit dem geringsten Kraftverluste statt und wirkt nicht nachtheilig auf den Hahn, aber die Dampföffnungen werden nach und nach entblößt und bedeckt. Im zweiten Falle wird die Bewegung mit einem Stoß auf einmal mitgetheilt; sie erfordert etwas mehr Kraft und der dauernde gute Schluß des Hahns ist weniger zuverlässig; die Dampföffnungen werden jedoch in möglichst kurzer Zeit geöffnet und geschlos-

sen. Während nun dieser Umstand von höchstem Belange seyn kann, gibt man der unterbrochenen Bewegung der Dampfhähne häufig den Vorzug vor der ununterbrochen abwechselnden Bewegung, und dieses um so mehr, wenn die massiven und offenen Theile des Hahns auf eine gleichförmige Weise über den ganzen Umfang vertheilt sind und die Extension der Bewegung dabei möglichst klein ist.

Die einfachste Weise, um die Dampfhähne in der kürzesten Zeit zu öffnen und zu schließen, besteht darin, daß man ihre Bewegung von der Bewegung der Dampfkolbenstange ableitet. Mit dieser Stange läßt sich nämlich eine andere Stange **AB** Fig. 558 verbinden, welche unten durch ein Auge geleitet wird und an welcher bei a und b zwei Büchsen mit vorragenden Daumen befestigt sind. Denn diese Stange nimmt ebenfalls an der Bewegung der Kolbenstange Theil, und es müssen also die Daumen a und b abwechselnd gegen den Arm **cd** des Dampfhahns **K** stoßen und der Hahn wird abwechselnd gedreht werden. Wenn nur ein Hahn vorhanden ist, so ist er vierwegig und die Extension der abwechselnden Bewegung muß wenigstens $\frac{1}{4}$ Umfang oder 90° betragen. Folglich wird der Schlüssel **cd** im höchsten Stande 45° über der Horizontallinie **pq** und in dem tiefsten Stande **ce** 45° unter dieser Horizontallinie gerichtet seyn müssen. Deshalb wird **de** die Extension der Bewegung des Berührungspunktes des Armes mit dem Daumen a oder b seyn. Während der Bewegung von d bis f findet der Zufluß und Abfluß des Dampfes noch theilweise statt, aber bei dem Fortgange der Bewegung von e bis f wird die Wirkung umgekehrt, und am Ende des Kolbenlaufes ist der Hahn in einer entgegengesetzten Richtung geöffnet. Nimmt man nun an, daß der Zu- und Abfluß beginne, wenn der Kolben noch $\frac{1}{10}$ seines Laufes zu-

rücklegen muß, so wird die Stange **AB** auf diese Entfernung vom Mittelpunkte des Hahnes wirken müssen, bei welcher der Winkel **dke** = 90° und **de** = $\frac{1}{3}$ des Kolbenlaufes, also $\frac{1}{3}$ der Entfernung der Hebedaumen **a** oder **b**, beträgt.

Wenn die Welle der Dampfmaschine über dem Cylinder liegt, kann die Stange **ab** durch eine zureichende Krümmung mit dem Kopfe der Dampfkolbenstange verbunden werden, — oder man kann dieselbe mit dem Querhaupte der Kolbenstange verbinden, wenn die Welle unter dem Cylinder liegt, — oder man kann bei Anwendung eines Kniestücks oder von Armen die Büchse der Hebedaumen **a** und **b** an eine der niedersteigenden Kurbelstangen mit einer Druckschraube befestigen, — oder man kann auch vorhandene Leitpfosten ꝛc. benutzen. Die Ausführung läßt sich in den verschiedenen vorkommenden Fällen auf vielerlei Art bewerkstelligen; ist aber immer leicht, und es ist deshalb unnöthig, diesen minderwichtigen Gegenstand durch besondere Beispiele zu erläutern. Nur eine einfache, jedoch wichtige Modification verdient der Erwähnung und besteht darin, daß man statt eine Stange **AB** mit der Kolbenstange oder andern mit ihr verbundenen Theilen zu verbinden, manchmal das einfachere Mittel wählt, die Stange **AB** Fig. 559 durch einen Hebekopf **m**, der mit dem obern Ende der Dampfkolbenstange **S** verbunden ist und unmittelbar gegen die Hebedaumen **a**, **b** drückt, oder auch durch Vermittelung kleiner Hebel (vergl. Fig. 92 und 93 Taf. X.) auf- und niederzuschieben. Diese Stange kann nun entweder auf den Arm des Hahns (so wie oben Fig. 558 erklärt ist), oder mit einer Zahnstange **B** auf einen gezahnten Bogen wirken, der am Schlüssel des Hahns befestigt ist; und ihre Schwere kann durch ein Gegengewicht **P**, oder besser noch durch ein

Digitized by Google

Gegengewicht Q, welches nicht auf den Hahn drückt, balancirt werden.

Wenn die Stange AB sehr nahe an der Büchse des Hahns sich auf- und niederbewegen muß, oder wenn der Kolbenlauf sehr kurz und die Geschwindigkeit der Bewegung beträchtlich wäre, so könnte die Mittheilung der Bewegung nicht ohne einen nachtheiligen Stoß stattfinden, und wenn die Extension der abwechselnden Bewegung des Hahns mehr als $\frac{1}{4}$ Umfang beträgt, so würde auch die dargestellte Einrichtung ungenügend seyn. In diesen Fällen ist es rathsam, den Hahn durch Anwendung eines gezahnten Bogens ec Fig. 560 zu drehen. Die Zähne dieses Bogens greifen in die Zähne einer Scheibe, welche auf den Kopf oder Schlüssel des Hahns K aufgezogen ist, und die Hebeköpfe oder Hebedaumen a b der Stange AB wirken auf den Arm c d des Bogens e c. Beträgt nun z. B. der Radius dieses Bogens doppelt soviel, als der Radius der gezahnten Scheibe K, so wird der Arm c d nur durch einen Bogen von 45° bewegt werden müssen, um zu bewirken, daß der Hahn durch $\frac{1}{4}$ des Umfanges gedreht werde; und wird c d durch $\frac{1}{4}$ des Umfanges auf- und niedergedreht, so muß der Hahn durch einen halben Umfang gedreht werden. Auf diese Weise ist man recht gut im Stande, den Hahn in möglichst kurzer Zeit soviel zu drehen, als seine Einrichtung, oder die Stellung der verschiedenen Röhren erfordern. Diese beiden Bemerkungen leiden auch Anwendung auf die folgenden Betrachtungen.

Die mechanische Einrichtung Fig. 558 kann auch benutzt werden, wenn an jeder der Dampföffnungen ein besonderer Hahn angebracht ist und also zwei Hähne gleichzeitig abwechselnd bewegt werden müssen. Denn die Bewegung des obersten Hahns K (Fig. 561 Nr. 1 und 2) kann immer in demselben Maase

Digitized by Google

dem untern Hahne k entweder durch Verbindung der Arme K I, k i, oder durch Anwendung eines Balanciers L M N mitgetheilt werden. Die Hähne werden auf diese Weise immer in derselben Richtung gedreht werden, obgleich die Wirkungen, zu welchen sie Gelegenheit geben, einander gerade entgegengesetzt seyn müssen. Daß dieses wesentlich der Fall ist, ergibt sich auf's Deutlichste aus der Betrachtung der Figuren 356 und 357. Inzwischen kann es sich zutragen, daß durch die besondere Stellung der Hähne und mehr noch durch die besondere Richtung der Röhren die Richtungen der Bewegung der Hähne einander gerade entgegengesetzt seyn müssen, und dieser Umstand verursacht eine größere Complication der mechanischen Theile für die gleichzeitige Steuerung der Hähne. Man kann zuerst auf jeden der einander gegenüberliegenden Arme der beiden Hähne K und k Fig. 562 Nr. 1 eine besondere Stange A B, C D wirken lassen, und wenn die Bewegung der zweiten Stange C D in der Nähe des Grundes oder Bodens nicht gut möglich ist, so kann man ihr die geringere Länge der Stange A B geben und auch die Hebeköpfe oder Hebedaumen c, d Fig. 562 Nr. 2 in der Höhe der Hebeköpfe oder Daumen a, b mit Druckschrauben befestigen, wenn sie alsdann auf einen Arm K L wirken, welcher sich um ein rundes Ende des Hahnschlüssels dreht und mit dem Arme k l verbunden ist, während die Schwere der Arme und der Verbindungsstange durch ein Gewicht P balancirt werden kann. Zweitens können die beiden Hähne in entgegengesetzten Richtungen gedreht werden, wenn man ihre Arme K L, k l Fig. 563 mit den Armen M N, M O einer kleinen Welle verbindet, welche durch die Wirkung der Hebeköpfe a, b an einem dritten Arme M P abwechselnd gedreht wird. Es ist deshalb nur eine Stange A B erforderlich, aber die Bewe-

Digitized by Google

gung der Hähne kann nicht gleichmäßig seyn. Auf andere Weise kann der Zweck durch Anwendung von Kniestücken oder auf einander wirkende Hebel gleichfalls erreicht werden. Endlich kann auch die entgegengesetzte Bewegung des untersten Hahns k Fig. 564 abgeleitet werden von der Bewegung des obersten Hahns K durch zwei entgegengesetzte Zahnstangen H, h, oder durch eine gebogene Verbindungsstange R S (Fig. 564 Nr. 2) ꝛc.

Wenn man die Bewegung der Hähne ohne Zwischenpausen zu haben wünscht, und dieselbe dennoch von der Bewegung der Dampfkolbenstange ableiten will, ist die Anwendung eines Balanciers oder eines Kniestücks meistens nöthig. Einfacher jedoch und zweckmäßiger wird die Bewegung von der Welle abgeleitet, es müßte denn für andere Zwecke ein Balancier vorhanden seyn. Wenn also ein Balancier, eine Lenkstange, oder sonst etwas der Art vorhanden ist, so kann irgend ein Punkt, der nicht weit vom Drehungspunkt entfernt ist, mit den Armen oder Schlüsseln der Hähne in Verbindung gesetzt werden; denn die Extension der abwechselnden Bewegung eines solchen Punktes ist klein, und von ihm kann die gewünschte Bewegung der Hähne besser abgeleitet werden, als von dem Ende des Balanciers, oder von dem Ende der Kolbenstange. Aber damit die Zu- und Abflußöffnung des Dampfes nicht zu geschwind vor dem Ende des entsprechenden Kolbenlaufs geöffnet, oder verschlossen werde, leite man die abwechselnde Bewegung der Hähne lieber ab von der Bewegung der Welle, wenn diese Bewegung nämlich ohne den mindesten Stoß und ohne Unterbrechungen mitgetheilt werden soll.

Die excentrische Scheibe, oder die Kurbel sind hier wiederum die einfachsten Mittel, den Hähnen eine abwechselnde Bewegung ohne Unterbrechung mitzu-

Digitized by Google

theilen. Wenn z. B. die Welle über dem Cylinder liegt, so kann man auf dieselbe an der Stelle, wo sie über die Dampfhähne läuft, eine excentrische Scheibe aufziehen, welche in einem Ringe wirkt, und die Schubstange der excentrischen Scheibe kann unmittelbar mit dem Arm eines der Hähne verbunden werden, während die Steuerung des zweiten Hahns (wenn ein solcher vorhanden ist) durch die Bewegung des ersten Hahns regulirt werden kann. Hat die Welle eine andere Richtung — oder läßt die Entfernung derselben von irgend einem Punkte, der über den Hähnen liegt, keine unmittelbare Verbindung mit der Stange der excentrischen Scheibe zu — oder sind die Hähne vertikal, statt horizontal gestellt — alsdann lasse man das Excentrieum auf ein Kniestück wirken, welches entweder unmittelbar, oder im Nothfalle mit Hilfe eines zweiten Kniestücks in der zweckmäßigen Richtung mit den Armen der Hähne in Communication gebracht wird. Man kann auch die Bewegung der Welle fortpflanzen auf eine kleine Welle, die den Hähnen näher liegt, und alsdann von letzterer die abwechselnde Bewegung für die Dampfhähne mit Hilfe einer excentrischen Scheibe ableiten. Diese excentrische Scheibe kann jedenfalls in einer solchen relativen Stellung auf der Welle aufgezogen werden, daß die Dampföffnungen am Ende des Kolbenlaufs geöffnet werden, und daß deshalb durch die continuirliche, jedoch abwechselnde Bewegung des Hahns oder der Hähne der Zu- und Abfluß des Dampfes zu rechter Zeit beginnen und endigen kann.

Man nehme z. B. den einfachen Hahn mit 4 Wegen Fig. 360. Die Extension der abwechselnden Bewegung dieses Hahns beträgt $\frac{1}{4}$ des Umfangs. Am Ende des Kolbenlaufs müssen die Dampföffnungen abwechselnd in Communication gebracht werden mit dem Dampfrohre **S**, oder mit dem Ab-

zugsrohre **D**. Aber in diesem Augenblicke ist der Hahn bereits durch $\frac{1}{8}$ Umfang gedreht; deshalb muß der Anfang seiner Bewegung stattgefunden haben, ehe der Kolben die Hälfte seines Laufes zurückgelegt hatte. Müßte nun die Entblößung der Dampföffnungen gerade am Ende des Kolbenlaufs stattfinden, so würde sich aus dem so eben Bemerkten nothwendig ergeben, daß der Hauptdurchmesser des Excentricums einen rechten Winkel mit der Richtung der Kurbel der Welle machen müsse. Nimmt man jedoch an, daß die Oeffnungen bereits entblößt werden, wenn der Kolben $\frac{19}{20}$ bis $\frac{24}{25}$ seines Laufs zurückgelegt hat, und daß er deshalb noch $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{25}$ seines Laufs zurücklegen müsse, so wird hierdurch eine Verkleinerung des oben genannten Winkels verursacht. Er wird nämlich reducirt auf $90 - 25^0 = 65^0$, weil nach der Tabelle I. Art. 249 der Winkel von 25^0 im Durchschnitt übereinstimmt mit dem Raume von $\frac{1}{20} = 0{,}05$ bis $\frac{1}{25} = 0{,}04$, welcher vom Kolben im Anfang oder am Ende seiner Bewegung durchlaufen wird. Dieser Winkel muß jedoch etwas größer oder etwas kleiner seyn können, je nachdem die Kurbelstange in Bezug auf die Kurbel eine andere relative Länge besitzt, oder auch der relativen Stellung und Richtung der Stangen, der Knieſtücke ꝛc. entsprechend, auf welche die Bewegung durch das Excentricum fortgepflanzt und den Hähnen mitgetheilt wird. Darum ist es immer rathsam, sich von der gehörigen Stellung des Excentricums entweder durch Versuche, oder durch eine Konstruction zu überzeugen. Daß übrigens eine Kurbel, der Krummzapfen einer Welle, oder eine Warze außerhalb des Mittelpunkts einer Scheibe statt eines Excentricums benutzt werden können, bedarf keiner Erinnerung.

Für den Fall, daß die Welle unter dem Cylinder liegt, kann die Einrichtung derjenigen ähnlich

Digitized by Google

seyn, welche für die Bewegung der Dampfventile und der Dampfschubladen gebräuchlich ist. Die Kurbel A Fig. 565, oder das Excentricum, welches auf die Welle W aufgezogen ist, kann nämlich mit einer Stange AB auf den Schwengel BC einer Welle C wirken und von dieser Welle wird die abwechselnde Bewegung wie gewöhnlich mit einem oder mit zwei Armen CD, CE auf die Arme der Hähne fortgepflanzt. Ein anderes Beispiel ist gegeben in Maudsley's Maschine Fig. 85 Nr. 2 und 4 Tafel IX.; aber die Bewegung wird durch das Excentricum U auf den Schlüssel R des Hahns durch zwei Kegelräder a, b fortgepflanzt, weil der Hahn eine vertikale Stellung besitzt und weil es der Raum nicht gestattet, daß der Schlüssel des Hahns tiefer verlängert und mit einem Arme versehen werde, welcher durch den verlängerten Schwengel fp unmittelbar angezogen und zurückgestoßen wird. Das Excentricum U ist nicht auf die Welle L, sondern auf den Krummzapfen derselben y aufgezogen, weil diese Stellung für die besondere Form und Stellung der Welle die geeignetste ist. Aber die Wirkung ist deshalb nicht anders, sobald nicht der Hauptdurchmesser des Excentricums den erforderlichen Winkel mit der Richtung der Kurbel LK bildet, und sobald man die Excentricität nicht der Entfernung vom Mittelpunkte des Krummzapfens y, sondern der Entfernung vom Mittelpunkte der Welle L bis zum Mittelpunkte des Excentricums gleichsetzt; alsdann betrachte man auch die Linie, welche durch die beiden Mittelpunkte läuft, als den Hauptdurchmesser des Excentricums.

Endlich kann auch eine abwechselnde Bewegung mit Unterbrechung aus der Bewegung der Welle abgeleitet werden, so daß das Oeffnen und Schließen der Hähne gegen das Ende des Kolbenlaufs auf einmal erfolgt. Dazu kann z. B. nach der Fig. 540 und

543 angegebenen Einrichtung die Schubstange des Excentricums mit dem erforderlichen Raum am Knopfe P des Schwengels PO beitragen, insofern die Welle O selbst vor dem Ende eines jeden Kolbenlaufs abwechselnd gedreht und alsdann ihre Bewegung den Hähnen mitgetheilt wird. Aber dieses kann man auf andere Weise besser erreichen. Die Welle W Fig. 566 trage z. B. einen Wellfuß K, der bei jeder halben Umdrehung nach einander auf die Hebeköpfe V,V' des Rahmens AB wirkt, mit welchem die Stangen AP und BC verbunden sind. Die Stange AP ruht auf dem Knopfe des Schwengels PO der Welle O, deren Arm oder Arme mit denen der Hähne oder deren Schlüssel in Verbindung sind. Die Stange BC wird bei C in einem Auge geleitet, oder nur entweder von einem Kettchen, oder von einem Arm oder Schwengel CD gehalten, der sich um einen Bolzen oder Nagel D ungehindert drehen kann. Da nun der Wellfuß abwechselnd gegen die Köpfe V,V' wirkt, so muß der Rahmen AB hin- und hergeschoben und die Welle O deshalb abwechselnd gedreht werden. Diese Bewegung geschieht in um so kürzerer Zeit, je geschwinder der Wellfuß K an den Köpfen V,V' vorüberstreichen kann; dieses aber hängt ab von der Extension der Bewegung der ebengenannten Köpfe oder des Knopfes P. Diese Extension ist jedoch immer klein, und nach derselben kann die Höhe des Wellfußes K so bestimmt werden, daß die Verschiebung der Köpfe V,V' in einem kleinen Theile der halben Umdrehungszeit der Welle vollbracht wird, z. B. in $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{8}$ dieser Zeit. Die relative Stellung des Wellfußes K zur Kurbel der Welle sey von der Art, daß die Köpfe V oder V' durch $\frac{3}{4}$ ihres Laufs geführt sind, wenn die genannte Kurbel in einem ihrer todten Punkte steht. Die horizontale Entfernung der ebenen Seiten

Digitized by Google

der Köpfe, — an welche der Wellfuß anstößt, — muß der Extension der horizontalen Bewegung des Rahmens **AB** gleich seyn, und diese Seiten müssen auch abwechselnd genau über dem Mittelpunkte der Welle liegen, damit sie die Stöße des Wellfußes in der vortheilhaftesten Stellung erhalten.

Nach einer andern Einrichtung wird die Bewegung der Welle erst auf eine kleine Welle **AC** Fig. 567 Nr. 1 und 2 fortgepflanzt, welche an dem Dampfhahne **K** liegt. Dieselbe trägt zwei einander gegenüber liegende Speichen **CD**, **EF**, und um den Schlüssel des Hahnes ist das Stück **PQR** gelegt, welches zwei einander gegenüber liegende kurze Arme **QR** und **QP** hat, von denen der eine **QP** umgebogen ist, und zugleich als Schwengel oder Kurbel dienen kann, um den Hahn mit der Hand zu steuern, wenn die Maschine angelassen werden soll. Bei der continuirlichen Umdrehung der kleinen Welle **AB** wird der Hahn **K** abwechselnd gedreht, nämlich von **R** nach **f** durch die Wirkung der Speiche **CD** gegen den Arm **QR**, und alsdann wieder von **f** nach **R** durch die entgegengesetzte Wirkung des Endes **F** der längern Speiche **EF** gegen den umgebogenen Schlüssel **P** des Armes **QP**. Von dieser Einrichtung kann allein Gebrauch gemacht werden, wenn bei einem kleinen Kaliber der Maschine der Zu- und Abfluß des Dampfes nur mit einem einzigen Hahne regulirt wird, und wenn zugleich für die Stellung und Bewegung der kleineren Welle **AB** eine geeignetere Gelegenheit dargeboten wird, als für die Anwendung und gehörige Wirkung anderer mechanischer Mittel.

286. Wenn man beabsichtigt, den Dampf auch mit Ausdehnung im Cylinder wirken zu lassen, muß die Bewegung der Hähne auf eine besondere Weise gesteuert werden, so daß an der einen Seite des Kol-

Digitized by Google

bens der Zufluß des Dampfes in dem bestimmten Augenblicke des Kolbenlaufes abgesperrt wird, während dagegen der Abzug desselben an der andern Seite des Kolbens nicht gehindert wird. Die besondere Art der Steuerung hängt ab von der besondern Form der Hähne und von dem Umstande, ob sie für die beabsichtigte Wirkung entweder abwechselnd, oder continuirlich nach einer Richtung gedreht werden sollen. Hierüber sind bereits die erforderlichen Bemerkungen gemacht in Art. 222.

a. Zuerst kann man die Formen und Dimensionen der Hähne so lassen, wie sie seyn müssen, wenn der Dampf ohne Ausdehnung wirken soll; — eben so wenig werden die mechanischen Mittel der Steuerung der Hähne verändert; aber in dem Dampfrohre, — und zwar so viel wie möglich in der Nähe der Hähne, — bringe man ein aufgehendes Kegelventil, oder auch ein schalenförmiges Ventil Fig. 392, oder eine Drehklappe, wie das gewöhnliche Drosselventil, oder einen einfachen zweiwegigen Hahn an. Und wenn man alsdann bewirken kann, daß dieser Hahn, oder die Ventile in dem bestimmten Augenblicke der Bewegung des Kolbens geschlossen und sodann am Ende des Kolbenlaufes wieder geöffnet werden, so muß auch die beabsichtigte Wirkung stattfinden. Auf diese Weise wird der Zweck auf die einfachste, obschon nicht auf die vortheilhafteste Weise erreicht. Denn wenn die Hähne selbst so gesteuert werden, daß sie den Dampf zur rechten Zeit absperren und zulassen, so wird die dazu erforderliche mechanische Einrichtung viel complicirter, als wenn für denselben Zweck ein besonderer Hahn angewendet wird; aber bei Anwendung dieses letztern findet immer ein größerer Dampfverlust statt. Dieser Verlust ist jedoch gering und kann an sich selbst keinen Grund abgeben, die erwähnte Einrichtung nicht anzuwenden.

Digitized by Google

Dieſes kann aber, aus einem andern Geſichtspunkte betrachtet, der Fall ſeyn, wenn das Dampfrohr eine anſehnliche Weite beſäße, weil alsdann der gute Schluß eines Hahnes, oder Ventiles ꝛc. unſicher ſeyn müßte, und auch der Gebrauch anderer Mittel weniger Kraftverluſt verurſachen würde. Das Kaliber der Maſchinen, welche mit Dampfhähnen verſehen werden, muß jedoch, wie aus der Beſchaffenheit der Sache ſelbſt hervorgeht, klein ſeyn, ſo daß auch die Dampfröhre derſelben niemals einen großen Durchmeſſer haben können.

Für ein nach aufwärts ſich öffnendes Ventil kann man die in Fig. 392 angegebene Einrichtung benutzen; zweckmäßiger iſt ſie in Fig. 568 Nr. 1 und 2 angegeben. **S** iſt das aus dem Keſſel entſpringende Dampfrohr; es iſt bei **S'** mit der Röhre verbunden, in welcher der Hahn oder die Hähne wirken. Zwiſchen dieſen Theilen liegt die Kammer **A** des nach aufwärts ſich öffnenden Kegelventils **B**. Dieſe Kammer iſt reichlich ſo weit, als das Dampfrohr, damit der Durchzug des Dampfes keine Behinderung erfahre, wenn das Ventil bis zu einer Höhe gehoben iſt, welche nicht weniger als $\frac{1}{4}$ ſeines Durchmeſſers betragen muß. An das obere Ende **D** der Ventilſtange **CD** iſt ein Querhaupt **EF** geſchloſſen (man vergleiche den Aufriß der vordern Seite der Ventilkammer Fig. 568 Nr. 2), deſſen niederſteigende Stangen **EG**, **FG** die Schenkel eines Bügels **EGF** ſind, welcher die Ventilkammer umfaßt und bei **G** mit einer vertikalen Stange **GH** verbunden iſt. Dieſe Stange iſt es, welche vor dem Ende jedes Kolbenlaufes ſo hoch emporgeſchoben werden muß, als das Ventil geöffnet werden ſoll. Alsdann muß ſie in dem beſtimmten Augenblicke des folgenden Kolbenlaufes durch eigne Schwere, oder durch ein mit ihr verbundenes Uebergewicht niederſinken

Digitized by Google

können, damit das Ventil in möglichst kurzer Zeit die Oeffnung seines Lagers bedecke.

Bei einem Drosselventil, oder auch bei einem Drehventil ist der Verschluß nicht so vollkommen dampfdicht, als bei einem sich nach aufwärts öffnenden Ventil, oder bei Anwendung eines Hahnes. Inzwischen ist die Einrichtung wegen der Einfachheit und der höchst leichten Bewegung zu empfehlen. Es seyen **S** und **S'** Fig. 569 die Theile des Dampfrohres, welches bei **S'** mit der Röhre **T** communicirt, in welcher die Hähne angebracht sind. Zwischen dieselbe ist die Büchse **AB** des Drosselventiles **MN** angebracht und diese Büchse ist noch einmal so weit als das Dampfrohr. Deshalb braucht das Ventil von **m** bis **M** nur 45° gedreht zu werden, um dem Dampfe die größte Durchflußöffnung zu gewähren, oder um diesen Durchzug ganz abzusperren. Das Oeffnen dieses Ventiles geschieht mechanisch, indem man an seine nach außen dringende Stange einen kurzen Arm befestigt, der mit einer andern Stange verbunden ist und mit ihr zugleich wie die Stange **GH** Fig. 568 Nr. 2 bewegt wird. Das Verschließen des Ventiles wird durch die Schwere der Stangen, oder durch Uebergewichte bewirkt. Das Ventil kann übrigens horizontal, oder vertikal gerichtet werden; im letzten Falle kann die Stange niederwärts verlängert werden, damit sie sich auf einem Zapfen drehen kann (vergleiche Fig. 46 Taf. V.); denn alsdann wird zu ihrer Bewegung ein fast nicht nennenswerther Theil der Bewegungskraft erfordert. Bei Anwendung eines nach aufwärts sich öffnenden Dampfventiles, oder eines Dampfhahnes ist dieser Vortheil nicht vorhanden.

Endlich kann man in dem Dampfrohr einen einfachen zweiwegigen Hahn Fig. 570 anbringen, und zwar von einer Dimension, bei welcher er, um ganz

Digitized by Google

geöffnet, oder um ganz geschlossen zu seyn, nur durch $\frac{1}{8}$ des Umfanges oder durch 45° gedreht zu werden braucht. Bewirkt man das Schließen durch ein Gewicht, so kann die Steuerung eines solchen Hahnes auf dieselbe Weise geschehen, als wie diejenige eines nach aufwärts sich öffnenden, oder eines sich drehenden Ventiles.

Die Bewegung des nach aufwärts sich öffnenden Ventiles, des sich drehenden Ventiles, oder des besondern Dampfhahnes werde nun am liebsten abgeleitet von der Bewegung der Welle (obschon sie auch unmittelbar durch die Kolbenstange fortgepflanzt werden könnte). Wiewohl diese Art der Fortpflanzung der Bewegung je nach der Einrichtung der Maschine und der Stellung der Betriebswelle verschieden seyn muß, so wird doch die Entwickelung dieses Punktes für einen einzelnen Fall ein hinlänglicher Leitfaden in andern Fällen seyn können. Dieser Fall sey z. B. der, daß die Betriebswelle unter dem Treibcylinder liegt, während die Absperrung des Dampfes erfolgt, wenn der Dampfkolben $\frac{9}{16}$ seines Laufes zurückgelegt hat.

Es sey **A** Fig. 571 der Durchschnitt der Betriebswelle; auf dieselbe sey ein Ring **BC** mit zwei einander gegenüber liegenden Wellfüßen **DE**, **FG** aufgezogen. Diese Wellfüße sollen abwechselnd wirken auf den Hebekopf **H** einer Stange **IK**, welche bei **K** getragen wird von dem Arme **LK** eines belasteten Knieſtückes **KLM**, und welches bei **I** in Verbindung steht mit einem Arm **IO** oder einem Knieſtücke **ION**, das mit der Stange des nach aufwärts sich öffnenden Ventiles, oder des sich drehenden Ventiles, oder auch mit dem Arme des Dampfhahnes auf eine zweckmäßige Weise verbunden ist.

Während bei der Bewegung der Welle in der Richtung des Pfeilchens der äußerste Punkt **D** des

Wellfußes **DE** den kleinen Bogen **Dg** beschreibt, wird die Stange **IK** oder lieber der Punkt **h** des Hebekopfes **H** von **h** nach **g** verschoben, und durch diese Bewegung muß die ganze Oeffnung des Ventiles, oder des Hahnes bewirkt werden. Wenn die Bewegung der Welle fortdauert, so wird der Punkt **h** des Hebekopfes **H** in Berührung bleiben mit dem Bogen **DE** des Wellfußes, und so lange diese Berührung dauert, wird die Stange in dem eben genannten Stande erhalten, so daß auch das Ventil, oder der Hahn geöffnet bleibt. Aber sobald der Punkt **E** bei **g** vorbei passirt ist, hört auch die Berührung des Wellfußes und des Hebekopfes auf; alsdann wird die Stange durch die Wirkung des Gewichtes **P** unmittelbar in eine entgegengesetzte Richtung versetzt und in den ersten Stand gebracht, in welchem nun auch der Hahn, oder das Ventil wieder geschlossen ist. Nach Verlauf einer halben Umdrehung kehrt dieselbe Wirkung mit dem Wellfuße **FG** zurück ꝛc.

Die Genauigkeit der Wirkung hängt ab von der Dimension und von der Stellung der Wellfüße. Man beschreibe, um dieselbe zu bestimmen, mit einem willkührlichen Radius **Aa** einen Kreis. Der Durchmesser **ae** dieses Kreises kann bezüglich die Extension der auf- und niedergehenden Bewegung des Kolbens darstellen. Durch die Wirkung der Wellfüße gegen den Hebekopf **H** wird das Ventil, oder der Hahn geöffnet, und der Anfang dieser Wirkung muß eintreten, wenn die wirkende Seite **Dh** des Wellfußes in die Richtung des vertikalen Durchmessers **ae** gelangt ist und besonders auch vor dem Ende des Kolbenlaufes, z. B. in dem Augenblicke, wo der Dampfkolben $\frac{19}{20}$ seines Laufes zurückgelegt hat. Man nehme deshalb **de** $= \frac{1}{20}$ von **ea** oder $= \frac{1}{10}$ von **eA**; man ziehe **dZ** senkrecht auf **eA**, und von **A** durch **Z** die Linie **AZ**; diese Linie wird die bezügliche

Richtung der Kurbeln oder der Krummzapfen der Betriebswelle darstellen; durch diese Linie wird auch die Stellung des Wellfußringes auf der Welle bestimmt. Es genügt, wenn das Ventil oder der Hahn erst dann ganz geöffnet ist, wenn der Kolben bereits $\frac{1}{16}$ oder auch wohl $\frac{1}{12}$ des nächsten Kolbenlaufes zurückgelegt hat. Man nehme z. B. al $= \frac{1}{12}$ von ae ($\frac{1}{8}$ von aA), und ziehe lk senkrecht auf aA, alsdann Ak. Es sey ai die Extension, bis auf welche die Stange IK, um das Dampfrohr vollkommen zu öffnen, fortbewegt werden muß (und diese Extension kann in gewisser Hinsicht willkührlich angenommen werden, weil die erforderliche Extension der Bewegung der Ventilstangen ꝛc. durch die relative Länge der Arme IO, NO des Kniestückes ION erlangt werden kann). Man ziehe ig parallel mit aA; diese Linie ig schneidet den Radius Ak in g, und wenn mit Ag als Radius ein Bogen oder eine Peripherie beschrieben wird, so muß letztere die Höhe der Wellfüße bestimmen. Ist die Höhe des Ringes BC gegeben, so kann auch die Höhe hD der Wellfüße willkührlich (nur nicht zu klein) genommen werden. Alsdann wird man durch dieselbe Konstruction den Punkt g finden, und die Länge ai muß auch die Extension der Bewegung der Stange IK seyn ꝛc.

Nun bleibt noch übrig, auszumitteln, wie groß der Bogen DE und FG der Wellfüße seyn müsse, damit sie den Hebekopf H verlassen, wenn der Dampfkolben $\frac{2}{16}$ seines Laufes zurückgelegt hat. Man mache für diesen Zweck Ab $= \frac{1}{16}$ von ae ($\frac{1}{8}$ Ae), so ist ab $= \frac{2}{16}$ von ae; man ziehe bc senkrecht auf Ae und alsdann den Radius Ac, welcher den verlängerten Umfang der Wellfüße in m schneidet. Alsdann hört die Berührung des Wellfußes DE mit dem Hebekopf H auf, wenn der Punkt D in m gelangt ist; deshalb ist der Bogen mg die Extension

der Bögen **DE**, **FG**, oder auch die Länge der Wellfüße.

Diese Konstruction müßte höchst genau seyn, wenn die Kurbelstange oder die Kurbelstangen eine unendliche Länge haben könnten, oder wenn sie immer in parallelen Richtungen bewegt werden könnten, weil alsdann die Bogen e**Z**, a**k**, a**c**, welche die Welle beschreibt, während der Kolben $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{12}$ und $\frac{2}{15}$ seines Laufes zurücklegt, ganz übereinstimmen müßten mit $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{2}{15}$ des Kreisdurchmessers. Man kann jedoch dieselbe Konstruction, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen, in der Praxis anwenden, wenn die Länge der Kurbelstangen mehr als die fünffache Länge der Kurbel beträgt. Aber bei einer geringern Länge dieser Theile muß man sich der Tabelle I, Art. 249 zur Bestimmung der Bogen bedienen, welche die Kurbeln oder irgend ein Punkt des Umfangs der Welle während der Zeit beschreiben, in welcher der Dampfkolben durch die gedachten Theile seines Laufes geführt wird.

Man bemerke noch: 1) daß die Stange **IK** an jeder Seite der Betriebswelle durch Augen oder durch Rädchen zwischen Leitpfosten geleitet werden kann; 2) daß das Kniestück **KLM** nicht absolut nothwendig ist, wenn das Uebergewicht **P** auch mit dem Kniestück **ION** oder mit den Ventilstangen ꝛc. verbunden werden kann, oder daß man statt desselben eine Feder anwenden könne; 3) daß bei Anwendung eines vertikal gerichteten Drosselventiles das Ende **I** unmittelbar verbunden werden kann mit dem horizontalen Arme der stehenden Stange dieses Ventiles.

Bei Anwendung eines besondern Dampfhahnes Fig. 570 kann eine gewöhnliche excentrische Scheibe zur Steuerung desselben benutzt werden. Die Bewegung findet alsdann in einer Extension von b nach

Digitized by Google

d oder von a nach c abwechselnd ohne Unterbrechungen statt. Der Hahn wird nur einen einzigen Augenblick eben so, wie eine Dampfschublade, ganz geöffnet seyn. Wenn der Punkt f sich in e befindet, so beginnt der Zufluß des Dampfes, und die Absperrung erfolgt, wenn der Punkt e in f gelangt ist, und während e bis nach d fortschreitet und wieder zurückgeht bis f, dauert auch die Absperrung fort. Je nachdem die Oeffnung e f des Hahnes größer oder kleiner im Verhältniß zu seinem Durchmesser ist, kann auch die Absperrung eine kürzere oder längere Zeit dauern. Auf diese Weise wird die verlangte Wirkung mit sehr einfachen Mitteln hergestellt; sie hängt großentheils ab von dem Stande des Excentricums mit Beziehung auf die Richtung der Kurbel der Welle, und hierüber werden die Bemerkungen, welche bei der Betrachtung der Bewegung von Dampfschubladen ꝛc. gemacht werden müssen, hinlängliche Erläuterung geben.

b. Es hat sich ferner aus Art. 222 ergeben, daß die Hähne, durch welche der Zu- und Abfluß des Dampfes regulirt wird, wenn derselbe nicht mit Ausdehnung wirken soll, — in Form, Dimension und Stellung eine modificirte Einrichtung bedürfen, sobald der Zufluß des Dampfes in einem bestimmten Augenblick der Bewegung des Kolbens abgesperrt werden muß, damit der im Treibcylinder befindliche Dampf mit Ausdehnung fortwirke. Und man wird einsehen, daß eine solche Modification allein nöthig ist, wenn weder ein nach aufwärts sich öffnendes, noch ein drehendes Ventil, noch ein besonderer Hahn angewendet wird.

Zur Erreichung des genannten Zweckes können die Hähne eingerichtet werden, wie in den Figuren 393 bis 397 dargestellt ist.

Der Hahn Fig. 393 ist ein zweiwegiger Hahn; er kann nur benutzt werden, um den Zu- und Abfluß des Dampfes durch eine einzige Dampföffnung zu gestatten; es sind also zwei Hähne erforderlich, einer für die obere, und einer für die untere Dampföffnung; ihre Bewegungen müssen einander entgegengesetzt seyn. Sie können bestehen in einer rotirenden, oder in einer abwechselnden Bewegung mit Unterbrechungen.

Dasselbe gilt für die Hähne mit drei und vier Wegen Fig. 394 und 395; aber diese können allein durch eine abwechselnde Bewegung dem Zweck entsprechen.

Der vierwegige Hahn Fig. 396 wirkt sowohl auf die obere, als auf die untere Dampföffnung; er muß abwechselnd bewegt werden; doch wird sein Gebrauch bestimmt durch die Bedingung, daß der Umfang zwar größer, jedoch nicht kleiner als die sechzehnfache Weite der Röhren C, S ꝛc. seyn darf. Durch diesen Umstand und auch wegen der Unsicherheit des guten Verschlusses verdient seine Anwendung vorzugsweise vor zwei zweiwegigen Hähnen (Fig. 393) keine Empfehlung.

Von den Hähnen Fig. 397 muß man ebenfalls zwei anwenden; die Bewegung derselben ist jedoch continuirlich rotirend, und zwar wird eine Rotation zurückgelegt während zwei auf einander folgenden Kolbenspielen, oder eine halbe Rotation bei jedem Kolbenspiel. Diese Bewegung kann deshalb mit Hilfe von Räderwerk auf eine sehr einfache Weise von der Bewegung der Welle abgeleitet werden; und es wird nicht nöthig seyn, hierüber nähere Nachweisung mitzutheilen. Auch besteht große Aehnlichkeit und Uebereinstimmung in der Steuerungsart der Hähne Fig. 394, 395 und 396, so wie auch der Hähne Fig. 393 (insofern letztere abwechselnd ge-

Digitized by Google

dreht werden), so daß die Erwägung und Entwickelung des vorliegenden Gegenstandes für den Fall der Anwendung einer dieser Arten der Hähne hinlängliche Anleitung gibt, um die nöthigen mechanischen Mittel für die Steuerung der Hähne mit einer andern Einrichtung aufzufinden.

Wenn der Hahn Fig. 393 abwechselnd bewegt werden soll, so muß diese Bewegung in nachfolgender Regelmäßigkeit stattfinden. Wenn der Hahn vor dem Ende eines Kolbenlaufes geöffnet ist, so muß er auch geöffnet bleiben, bis der Kolben $\frac{8}{10}$ des folgenden Laufes zurückgelegt hat. Die Verschließung kann in dem Augenblick anfangen, wo der Kolben die Hälfte seines Laufes erreicht hat, und die Bewegung des Hahnes höre auf, wenn der Kolben $\frac{12}{32}$ seines Laufes zurückgelegt hat; die Extension dieser Bewegung ist $\frac{1}{8}$ Umfang (Fig. 393 Nr. 2). Eine zweite Bewegung von gleicher Extension (Fig. 393 Nr. 3) nehme einen Anfang, wenn der Kolbenlauf bis auf $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{10}$ vollendet ist. Durch diese Bewegung wird die Dampföffnung in Communication gebracht mit der Abzugsröhre, und diese Communication muß fortdauern, bis der Kolben $\frac{1}{10}$ oder $\frac{3}{32}$ von seinem folgenden Laufe zurückgelegt hat. Alsdann werde der Hahn in einer entgegengesetzten Richtung durch $\frac{1}{4}$ des Umfanges bewegt, so daß er am Ende des Laufes, oder selbst nach dem Anfange des folgenden Laufes in den ersten geöffneten Stand Fig. 393 Nr. 1 gebracht ist.

Diese Bewegungen können abgeleitet werden von der Bewegung der Dampfkolbenstange, oder von derjenigen der Betriebswelle. Wir wollen zuerst annehmen, daß mit der Kolbenstange oder mit ihrem Querhaupte zwei niedersteigende Stangen verbunden werden, von denen eine AB in Fig. 572 angegeben ist, während man sich die andere an die gegenüber-

Digitized by Google

liegende Seite des Hahnes K denken muß, um hier die Steuerung des zweiten Hahnes, eben so wie AB die Steuerung des Hahnes K, zu besorgen. An der Stange AB sind drei Hebeköpfe C, D, E mit Druckschrauben befestigt, von denen der mittelste C an der Hinterseite und die zwei äußersten D, E an der vordern Seite der Stange AB vorragen. Diese Hebeköpfe haben die Bestimmung, auf die beiden Arme H, G zu wirken, die aus einem einzigen Stücke bestehen, welches auf den Schlüssel K des Hahnes aufgezogen ist, und der längste H dieser Arme ist mit einer Rolle F versehen (vergleiche den Grundriß dieser Arme Fig. 572 Nr. 2). Die Hebeköpfe sind endlich auf solchen Punkten der Stange AB mit Druckschrauben befestigt, daß, wenn ab die ganze Länge des Kolbenlaufes bezeichnet, $ac = \frac{1}{16}$ von ab; $ad = \frac{8}{16}$ von ab, und $ae = \frac{14\frac{1}{2}}{16}$ von ab beträgt. Wenn deshalb der Dampfkolben die Hälfte seines Laufes erreicht hat, so wird die Rolle F von dem Hebekopf C berührt, und der entsprechende Arm H wird bei der Fortdauer der Bewegung niedergedrückt werden, bis der Hebekopf in den Stand m $\left(\frac{1\frac{1}{2}}{16}\right.$ von dem Stande C entfernt$\left.\right)$ gelangt ist; denn jenseit dieses Standes hört die Berührung mit der Rolle auf. Diese letzte muß nun in den Stand f gebracht seyn, in welchem der Arm H mit dem Hahne gerade $\frac{1}{8}$ Umfang oder 45° durchlaufen hat, und aus der Figur ergibt sich zur Genüge, wie die Dimension des Armes H und des Hebekopfes C diesen Bedingungen entsprechend bestimmt werden kann. Wenn F bis in f gelangt ist, wird auch der Arm G in die horizontale Richtung HI gelangt seyn, und vor dem Ende des Kolbenlaufes kommt der Hebekopf D mit diesem Arm in Berührung; so

Digitized by Google

daß der Hahn aufs Neue durch $\frac{1}{8}$ Umfang gedreht wird. Der Arm G wird deshalb am Ende des Kolbenlaufs in den Stand g, 45° unter der Horizontallinie HI, und F in den Stand f' geführt seyn.

In diesem Augenblick ist auch der andere oder untere Hahn durch die zweite der oben genannten Stangen um so viel gedreht, daß der Dampf unter den Kolben streichen und denselben emportreiben kann. Bei dieser aufsteigenden Bewegung des Kolbens bleibt der Hahn unbewegt, bis der Kolben seinen Lauf ungefähr um $\frac{14\frac{1}{2}}{16}$ vollendet hat; denn alsdann wird der Arm G durch den Hebekopf E aus dem Stande g in den ersten Stand G zurückgeführt werden; der Hahn wird nun durch $\frac{1}{4}$ Umfang gedreht, f' kommt wieder in den ersten Stand F und dieselbe Wirkung wird bei der entgegengesetzten Bewegung des Kolbens wiederholt ꝛc.

Mit geringer Modification läßt sich dieselbe Einrichtung auf die regelmäßige Steuerung dreiwegiger und vierwegiger Hähne (Fig. 394 und 395) anwenden, und dieses um so eher, weil die Extension der Bewegung bei diesen Hähnen kleiner seyn muß, als bei den zweiwegigen Hähnen Fig. 393. Auf diesem Umstande beruht denn nun auch die erwähnte Modification. Für den vierwegigen Hahn Fig. 296 muß ebenfalls die Stellung der Arme des Hahnschlüssels und diejenige der Hebeköpfe der Treibstange nach den besondern Gesetzen modificirt werden, denen die abwechselnde Bewegung des Hahns unterworfen ist (s. Art. 222).

Um die abwechselnde Bewegung der Dampfhähne von der rundlaufenden Bewegung der Welle abzuleiten, bedarf man einer mechanischen Zusammensetzung, derjenigen ähnlich, welche Abth. II. Kap. III. §. I. Fig. 56 und 57 Taf. VI. beschrieben ist. Bes-

Digitized by Google

ser wird jedoch nachfolgende einfachere Einrichtung dem Zweck entsprechen können. In der Fig. 573 stellt A den Durchschnitt der Welle dar. Auf dieselbe ist eine offene Scheibe BC aufgezogen, die zwei Zähne oder Wellfüße D, E hat und von denen der letztere E mehr als noch einmal so hoch ist, oder mehr als noch einmal so viel vorragt, als der erste D. Ein dritter Wellfuß F liegt nicht in der Ebene der Scheibe, sondern ist hinter derselben angeschraubt. Der Wellfuß D wirkt auf den Arm GH des Kniestücks GHI in dem Augenblicke, wo der Dampfkolben die Hälfte seines Laufs erreicht hat, und führt diesen Arm durch den Bogen Gg. Durch diese Bewegung wird die Stange IK verschoben, und wenn sie auf eine zweckmäßige Weise mit dem Hahne des Dampfhahns verbunden ist, muß dieser Hahn zugleich gedreht werden. Die Dimensionen der Scheibe BC, des Armes HG und des Wellfußes D sind von der Art, daß die Bewegung des letztern durch den Bogen Gg übereinstimme mit der Bewegung des Dampfkolbens durch $\frac{9}{16}$ oder $\frac{9\frac{1}{2}}{16}$ seines Laufs (wir setzen nämlich voraus, daß die Extension des Kolbenlaufs in 16 gleiche Theile getheilt sey). Die Längen der verschiedenen Arme der Hebel oder Kniestücke, welche auf den Hahn wirken, müssen sich so verhalten, daß der Hahn gerade um $\frac{1}{8}$ gedreht wird, während das Ende G des Arms HG von G bis g fortbewegt wird. Nach dieser Fortbewegung ist der Arm HL in den horizontalen Stand HD gelangt, und dieser Arm soll gleichfalls niedergedrückt und fortbewegt werden bis zur Linie Hg durch die Wirkung des zweiten Wellfußes E, welcher mit dem Ende L des Armes HL in Berührung kommt, wenn der Kolben ungefähr $\frac{3}{4}$ des letzten $\frac{1}{16}$ seines Laufs vollendet hat. Durch diese zweite Bewegung wird der Hahn wie-

derum in derselben Richtung durch $\frac{1}{8}$ Umfang gedreht, und die Dampföffnung, welche einen Augenblick zuvor verschlossen war, wird nun mit der Abzugsröhre in Communication gesetzt seyn, während die zweite Dampföffnung für den Zufluß des Dampfes geöffnet seyn wird, so daß die entgegengesetzte Bewegung des Kolbens zugleich einen Anfang nehmen kann.

Ueber der Welle **A** liegt ein zweites Knieſtück **MNO**; der horizontale Arm **MO** dieses Knieſtücks ist durch eine Stange **OP**, oder durch eine kurze Kette mit dem Arm **HL** des ersten Knieſtücks verbunden, und wenn der letzt genannte Arm bis zur Richtung **Hg** niedergedrückt ist, so wird der vertikale Arm **MN** des Knieſtücks **MNO** die Richtung der Linie **Mn** besitzen. Dieser Arm liegt in der Richtung des Wellfußes **F**, nämlich außerhalb oder hinter der Ebene der Scheibe **BC**, so daß weder der Wellfuß **E**, noch der Wellfuß **D**, sondern allein der Wellfuß **F** mit dem Ende **N** des Arms **MN** in Berührung kommen wird. Der Arm **Mn** wird deshalb durch den Wellfuß **F** in der Richtung **nN** fortbewegt und in den ersten Stand **MN** gebracht werden. Zugleich wird auch der Arm **HLG** von dem Knieſtücke **GHI** wieder emporgezogen und in den ersten Stand gebracht, und diese entgegengesetzte Bewegung wird zur nothwendigen Folge haben, daß der Hahn, welcher erst in zwei Tempos durch $\frac{1}{4}$ Umfang gedreht wurde, nun in einem Tempo um $\frac{1}{4}$ Umfang zurückgedreht und gleichfalls in den ursprünglichen Stand zurückgeführt wird, so daß die Dampföffnung wieder mit dem Keſſel ꝛc. in Communication kommt. Der Wellfuß **F** muß so gestellt und abgemessen werden, daß er gegen den Arm **Mn** zu drücken beginnt, wenn der entgegengesetzte Kolbenlauf bis auf ungefähr $\frac{1}{16}$ zurückgelegt ist, und nach dem ersten $\frac{1}{16}$ des folgenden

Digitized by Google

Laufs muß auch die Berührung des Wellfußes F mit dem Arm MN aufhören.

Für einen zweiten Dampfhahn iſt eine ähnliche mechaniſche Zuſammenſetzung erforderlich; aber damit die Wirkung dieſes zweiten Hahns derjenigen des erſten gerade entgegengeſetzt ſey, müſſen die Wellfüße der zweiten Scheibe auch den entſprechenden Wellfüßen der erſten Scheibe gegenüber liegen. So wie der Wellfuß F könnte auch einer der Wellfüße D, E beſonders an der Scheibe BC befeſtigt ſeyn; oder man könnte ſtatt einer einzigen Scheibe mit drei Wellfüßen D, E und F auch drei beſondere Scheiben, jede mit einem Wellfuße, neben einander auf die Welle aufziehen. Hierbei hätte man Gelegenheit, die relativen Entfernungen der Wellfüße ſo zu verändern, daß die Verſchließung der Dampföffnungen in einem andern beſtimmten Augenblicke der Bewegung des Dampfkolbens ſtattfände; oder auch daß die Oeffnungen früher oder ſpäter vor dem Ende des Kolbenlaufs mit dem Keſſel oder mit der Abzugsröhre in Communication gebracht würden.

Die zweiwegigen Hähne Fig. 393 können eben ſo gut mit Unterbrechungen in derſelben Richtung gedreht werden, ohne daß ſich die Wirkung verändert. Um in dieſem Fall ihre Bewegung durch die rundlaufende Bewegung der Welle zu reguliren, kann man unter andern auf die nachfolgende Weiſe zu Werke gehen.

Es ſey A Fig. 574 das Ende des Schlüſſels einer der beiden Hähne, z. B. des obern Dampfhahns. Auf dieſem Schlüſſel ſitze die Scheibe BC mit acht Zähnen, die gleichweit von einander abſtehen, jedoch hinreichenden Zwiſchenraum beſitzen, um ungehindert ergriffen und fortgetrieben zu werden durch die Kämme a, b, c, d des Rads DE. Die Welle F dieſes Rads ſoll ſich mit derſelben Geſchwindigkeit, wie die

Betriebswelle umdrehen, von welcher sie die Bewegung empfängt. Damit die Bewegungen des Hahns geschwind erfolgen, sey der Durchmesser des Rads **DE** wenigstens dreimal größer, als der Durchmesser der Scheibe **BC**; mit einem vierfachen Durchmesser erlangt man eine noch bessere Wirkung. Wenn die Communication der obern Dampföffnung mit dem Kessel abgesperrt werden soll, muß der Hahn durch $\frac{1}{8}$ Umfang gedreht werden; für diesen Zweck muß der Zahn 1 so weit fortbewegt werden, daß er in die Stelle des Zahnes 8 gelangt, welche im geöffneten Stande des Hahns eben so weit über der Horizontallinie **AF** liegt, als der Zahn 1 unterhalb dieser Linie. Diese Fortbewegung erfolge z. B. durch den Zahn **A**, sie nehme einen Anfang, wenn der Dampfkolben seinen halben Lauf vollendet hat; sie endige, wenn der Kolben $\frac{19}{32}$ oder $\frac{10}{16}$ seines Laufs erreicht hat. Alsdann geht der Zahn a vor dem Zahne 1 vorbei, und letzterem Zahn folgt nun der Zahn 2. Gegen das Ende des Kolbenlaufs (welches hier der Niedergang des Kolbens ist) muß der Hahn wiederum $\frac{1}{8}$ gedreht werden, um die untere Dampföffnung mit der Abzugsröhre in Communication zu bringen. Hierzu dient der Zahn b, durch welchen der Zahn 2 eben so wie der Zahn 1 über die horizontale Linie **AF** geführt wird und der Zahn 3 kommt dabei in die Stelle des Zahns 2. Wenn der Kolben emporgeht und ziemlich das Ende seines Laufs erreicht hat, — d. h. nach ungefähr einer halben Umdrehung der Welle und der Scheibe **DE**, — wird der Zahn 3 ergriffen und fortgetrieben werden durch den Zahn c, aber dieser Wirkung folgt unmittelbar diejenige des Zahns d auf den Zahn 4 (da die Kämme oder Zähne c und d keinen größern Zwischenraum haben, als die Zähne der Scheibe **BC**), und nachdem der Hahn so auf einmal durch $\frac{2}{8}$ seines Umfangs gedreht ist,

Digitized by Google

wird er gegen das Ende oder auch nach Beendigung des Kolbenlaufs ganz geöffnet seyn, so daß der Dampf wieder wie zuvor über dem Kolben in den Treibcylinder streichen kann. Auf dieselbe Weise werden nun die Zähne 5 und 6 nach einander mit den Kämmen a und b und alsdann die Zähne 7 und 8 mit den Kämmen c und d in Berührung kommen ꝛc.

Die erwähnten Kämme oder Zähne können auch ersetzt werden durch drei Speichen aF, bF, cdF, welche an einer festen Scheibe auf die Welle F gezogen sind, um dieselbe für eine frühere oder spätere Verschließung und Oeffnung der Dampföffnungen in, andere relative Richtungen stellen zu können. Und wenn die Welle F zwischen die beiden Dampfhähne gebracht wird, kann man ihre Bewegung mit Hilfe zweier Scheiben oder sechs Speichen sowohl für die Steuerung des obern, als des untern Dampfhahns benutzen.

C. Bewegung der Dampfschubladen, der Dampfschiebeventile ꝛc.

287. Die abwechselnde Bewegung der Dampfschubladen, der Dampfschiebeventile, der Dampfbüchsen ꝛc. wird entweder von der abwechselnden Bewegung der Dampfkolbenstange, oder des Balanciers, oder auch von der rundlaufenden Bewegung der Betriebswelle abgeleitet.

In der vorigen Abtheilung ist angegeben und durch die Figg. 79, 81 und 92 erläutert, auf welche Weise die Dampfschubladen am Ende jedes Kolbenlaufs durch die abwechselnde Bewegung der Kolbenstange oder des Balanciers in den erforderlichen Stand gebracht werden können, in welchem sie den abwechselnden Zu- und Abfluß des Dampfs gestatten können. Dieses kann auch noch auf andere Art und eben so gut für Dampfschieber und Dampfbüchsen,

Digitized by Google

als für Dampfschubladen ins Werk gesetzt werden; im Allgemeinen ist jedoch diese Art der Steuerung nicht die zweckmäßigste. Es läßt sich zwar nicht leugnen, daß durch dieselbe die Dampföffnungen auf einmal in der kürzesten Zeit geöffnet werden, aber die Mittheilung der Bewegung geschieht mit einem Stoß, zum Nachtheil der dauerhaft guten Wirkung der Schubladen ꝛc. und dieses um so mehr, sobald die Dimensionen der Dampfmaschine mehr als klein sind. Wenn die Dampfschubladen oder die Dampfschiebeventile ꝛc. durch eine auf die Welle aufgezogene excentrische Scheibe abwechselnd bewegt werden, so kann diese Bewegung ebenfalls mit Unterbrechungen stattfinden; damit die Dampföffnungen geschwinder mit der Dampfröhre oder mit dem Abzugskanal in Communication gebracht werden (Fig. 540). Aber wenn die eben genannten Oeffnungen eine gehörige Größe oder Weite haben, so wird durch eine stufenweise Oeffnung derselben der leichte Zufluß und hauptsächlich der leichte Abfluß des Dampfes nicht so sehr behindert, daß man durch eine sanfte, ununterbrochene Bewegung der Schubladen, oder der Schiebeventile eine weniger gute Wirkung erlangen sollte, als durch eine plötzlichere Verschiebung dieser Theile. Aus diesem Grunde und mehr noch wegen des möglichen Nachtheils, welcher aus der plötzlichen Bewegung der Dampfschubladen ꝛc. entspringen kann, thut man meistens besser, diese Theile ohne Unterbrechungen auf- und niedergehen, oder auch hin- und hergehen zu lassen. Eine excentrische Scheibe, welche in einem geschlossenen Ringe wirkt, oder eine Kurbel, welche diese excentrische Scheibe ersetzt (Fig. 544), ist das geeignetste mechanische Mittel, um die Bewegung mit dem geringsten Kraftverluste, nämlich sanft und ununterbrochen mitzutheilen.

Digitized by Google

Diese Mittheilung erfolgt durch Anwendung von Stangen und Kniestücken. Liegt die Welle über dem Treibcylinder und setzt sie sich zugleich über der Dampfkammer fort, so ist eine unmittelbare Verbindung der Stange des Excentricums mit der Stange der Dampfschublade ausreichend. In andern Fällen, aber besonders, wenn die Welle unter dem Cylinder liegt, oder von demselben entfernt ist, wirkt die Stange des Excentricums auf ein Kniestück, oder auf den Schwengel einer kleinern, sich abwechselnd drehenden Welle, die zwei Arme trägt, welche durch auf- oder niedersteigende Stangen mit dem Querhaupte der Dampfschubladenstange verbunden sind (vergleiche Fig. 29, 30, 33, 86, 114). Je nachdem die Einrichtung und der Stand der Maschine anders sind, muß auch die Richtung, die Form und die Wirkungsart dieser zwischenliegenden Theile mehr oder weniger modificirt werden. Von diesen und von der besondern Art der Fortpflanzung der Bewegung mit oder ohne Balancier hängt auch einigermaasen die Stellung des Excentricums in Bezug auf die Richtung der Kurbel der Welle ab. Eine geometrische Bestimmung dieser relativen Stellung, verbunden mit Versuchen an der Maschine selbst ist deshalb in besondern Fällen unvermeidlich.

Um ein Beispiel einer solchen Bestimmung zu geben, wollen wir uns eine Dampfmaschine von doppelter Wirkung denken, in welcher die Dampföffnungen des Treibcylinders durch zwei an einander gekuppelte Dampfschubladen A, B Fig. 575 bedeckt werden. Die Dampfschubladenstange C habe außerhalb der Dampfkammer ein Querhaupt mit niedersteigenden Stangen, die mit einem Kniestück, oder lieber mit zwei Armen einer kleinen Welle in Verbindung stehen, auf deren Schwengel die Stange des Excentricums wirkt, auf eine Weise, wie sie in Fig. 29 und Fig. 33 dargestellt ist. Wenn die Dampfschublade A

in den tiefsten Stand gelangt ist, wird zugleich die Dampföffnung a für den Zufluß des Dampfes ganz geöffnet seyn, und wenn dieselbe Schublade ganz emporgezogen ist, so muß der Punkt c übereinstimmen mit, oder noch etwas höher reichen, als der obere Rand der Dampföffnung a. Deshalb ist die Extension des Laufs der Dampfschubladen wenigstens gleich der doppelten Höhe der Dampföffnungen. Es sey nun in Fig. 576 **EF** die Richtung der niedersteigenden Stangen des Querhaupts der Dampfschubladenstange, **GH** die ganze Extension der auf- und niedergehenden Bewegung der Dampfschubladen, **M** der Mittelpunkt einer kleinen Welle, welche vor oder hinter der Dampfkammer liegt; **MG** oder **MH** die Richtung der Arme dieser Welle, und **MI** oder **MK** (senkrecht auf **GM** oder **HM**) die Richtung des Schwengels, um dessen Warze **I** oder **K** das Ende der Schubstange des Excentricums liegt.

Zuerst bemerke man, daß, wenn **MI** oder **MK** = **MG** oder **MH** ist, die Extension **IK** des hin und her sich bewegenden Schwengels **IM** eben so viel betragen müsse, als die Extension der aufsteigenden und niedersteigenden Bewegung der Schubladen. Deshalb wird auch die Stange des Excentricums und der Mittelpunkt des Excentricums in einer Extension **IK** hin und her bewegt werden müssen. Die Excentricität **OP** des Excentricums **RTQS** ist deshalb gleich der Hälfte von **IK**. Besäße die Bewegung der Schubladen eine solche Extension, daß das Excentricum eine unmäßige Größe bekommen müßte, so würde man, um mit einem kleinern Excentricum denselben Effect zu erlangen, den Schwengel **MI** im Verhältniß zur Länge der Arme **GM** verkürzen müssen.

Vergleicht man nun die Figg. 575 und 576, so ist es nicht schwer zu begreifen, daß der Stand des in der Figur dargestellten Excentricums überein-

stimmen müsse mit dem Stande HM der Arme der Welle M, also mit dem niedrigsten Stande der Dampfschubladen. Durch eine halbe Umdrehung der Welle O wird der Mittelpunkt P des Excentricums nach p bewegt seyn, und der Stand des Excentricums muß übereinstimmen mit dem höchsten Stande der Schubladen. Man zeichne nun die Schublade A Fig. 575 in dem Stande, wo die Entblößung der entsprechenden Dampföffnung a ihren Anfang nahm, und bestimme den entsprechenden Stand DMN der Arme GM mit dem Schwengel MI. Man greife die Entfernung KP oder Ip von der Warze des Schwengels bis zum Mittelpunkte des Excentricums mit dem Zirkel und beschreibe aus N als Mittelpunkt mit dieser Entfernung als Radius einen kleinen Kreisbogen, welcher den Kreis durch den vom Excentricum beschriebenen Mittelpunkt im Punkte U schneidet. Zieht man alsdann die Linie VUOW durch den Mittelpunkt O der Welle, so ist diese Linie die Richtung des Hauptdurchmessers des Excentricums in dem Stande, wo die Entblößung der obern Dampföffnung ihren Anfang nimmt, und der Kreis VXWY wird den Umfang des Excentricums darstellen.

Es kommt nun blos darauf an, die Richtung der Kurbel in Bezug auf die Vertikallinie mn zu bestimmen. Diese Richtung hängt besonders ab: 1) von dem Augenblick, in welchem die mehrgedachte Dampföffnung vor dem Ende des Kolbenhubs entblößt werden soll; dieser Augenblick sey z. B. derjenige, in welchem der Dampfkolben s (Fig. 577) durch $\frac{1}{16}$ des Kolbenlaufs st geführt wird. 2) Von der Länge der Kurbelstange cd; es sey diese Länge z. B. gleich der der fünffachen Länge ed der Kurbel. Man zeichne deshalb den Dampfkolben in diesem Stande und bestimme die entsprechende Richtung gf des Balanciers; man beschreibe alsdann aus f als Mittelpunkt

Digitized by Google

den- und Deckstücke sind jedes durch sechs Schrauben mit dem Mittelstücke (in welches die Kolbenstange geschraubt ist) verbunden, und zwar mit so vielem Spielraume zwischen den Köpfen oder Muttern, daß sie auf eine Extension von ungefähr 2 niederländischen Zollen beweglich sind. Das Bodenstück hängt also an dem Mittelstück und kann sich demselben nähern. Das Deckstück ruht mit dem keilförmigen Rande auf der Liderung und kann gleichfalls näher auf das Mittelstück gedrückt werden. Die Folge dieser Einrichtung ist, daß die beiden beweglichen Ebenen des Kolbens durch den Dampfdruck nach dem Mittelstück getrieben werden müssen, sobald die Liderung nicht vollkommen auf dem Cylinder schließt. Deshalb kann der Schluß des Kolbens im Cylinder in dem Maase, welches dem Dampfdruck entspricht, regelmäßig unterhalten werden.

289. (*). Beschreibung einer doppelten Dampfschublade zur Regulirung des Zuflusses und Abflusses des Dampfes, welcher mit Ausdehnung im Cylinder wirken soll.

Wenn der Dampf mit Ausdehnung in einem Cylinder wirken soll, so sind für jede Dampföffnung oder für diese beiden Oeffnungen zwei besondere Schubladen erforderlich, um den Zu- und Abfluß des Dampfes gehörig zu reguliren (nämlich wenn dazu keine Ventile oder Hähne ꝛc. benutzt werden sollen). Die erste Schublade muß wirken, als ob keine Ausdehnung stattfinden sollte; mit der zweiten Schublade muß der Zufluß des Dampfes in dem bestimmten Augenblicke der Kolbenbewegung abgesperrt werden. Die erste Schublade liegt unmittelbar über der Dampföffnung, oder über den beiden Dampföffnungen des Cylinders; die zweite Schublade liegt hinter der ersten und bedeckt die Zuflußöffnung der

Dampfkammer. Diese Einrichtung, welche im Art. 224 und 288 (Fig. 399, 579 bis 581) umständlicher erklärt ist, erfordert die ganz unabhängige Wirkung beider Dampfschubladen und also auch für jede dieser Schubladen eine besondere Bewegung.

Man ist neuerdings auf die Idee gekommen, die zweite Schublade auf eine sehr zweckmäßige Weise mit der ersten in Verbindung zu bringen, so daß sie für die zeitige Verschließung der Dampföffnungen zwar besonders bewegt werden kann, aber ganz und gar in Folge der Bewegung der ersten Schublade. Für diesen Zweck sind die beiden Schubladen zu einem einzigen Theile verbunden und bilden gleichsam eine doppelte Schublade, zu deren Steuerung nur eine einzige Bewegung erfordert wird, als ob nur eine einzige Schublade vorhanden wäre und der Dampf nicht mit Ausdehnung wirken sollte *).

Um einen vollkommenen Begriff dieser Einrichtung in der Hauptsache zu geben, wollen wir den bekannten einfachen Fall einer einzelnen Dampfschublade, welche die beiden Dampföffnungen bedeckt, als Beispiel für die Anwendung annehmen.

In dem Durchschnitt Fig. 587 Nr. 1 ist **A B C D** der vertikale Durchschnitt der Dampfkammer, welche an eine ebene Ausbreitung der flachen Kanäle **E F, G I** geschraubt ist, die mit der obern und untern Dampföffnung des Treibcylinders communiciren. **B C** ist die hintere Fläche und zugleich der Deckel

*) Der Verfasser hat sich von der Zweckmäßigkeit dieser Einrichtung durch die Besichtigung von drei Hochdruckdampfmaschinen überzeugt, die im Jahr 1836 zu Leiden und zu Tilburg aufgestellt wurden und in der Dampfmaschinenfabrik der Herren Houget und Teston zu Verviers in Belgien verfertigt worden waren. Diese Herren haben auch ein Erfindungspatent auf die gedachte mechanische Einrichtung genommen.

Digitized by Google

der Dampfkammer; mit der Mündung S in diesem Deckel ist das Dampfrohr verbunden; der Dampf kann auch an der Seite zufließen, wenn die Mündung S in einer der Seitenwände seyn muß.

In Fig. 587 Nr. 2 ist die Dampfkammer geöffnet dargestellt, und alle Theile in der Dampfkammer werden von der Hinterseite gesehen.

Die Röhre, durch welche der benutzte Dampf abzieht, ist bei H, I ist die Abzugsöffnung. Auf dem metallenen Spiegel a b, welcher mit Leisten a b, a b versehen ist, liegt die stählerne oder gußeiserne, eben geschliffene Schublade K L; sie ist eine hohle Schublade, versehen mit den durchlaufenden flachen Oeffnungen c d, welche abwechselnd den Dampföffnungen F, G entsprechen müssen. Diese Schublade wirkt auf die gewöhnliche Weise, und ihre Stange M N wird durch ein Excentricum auf- und nieder bewegt. Um sich des guten Anschließens dieser Schublade auf ihrem Spiegel zu versichern, wird sie an der Hinterseite mit zwei Federn V, V gedrückt, welche auf irgend eine Weise am Boden der Dampfkammer befestigt sind, und deren Enden eingerichtet sind, zur Verminderung der Reibung, die kleinen Rollen f f zu tragen; denn diese kleinen Rollen haben auf ihrem Umfange eine dreieckige Auskehlung und passen auf die dreieckigen Rippen g h, welche zwei stehende Leisten oder Ränder der Schublade bilden. Zwischen diesen Rändern liegt die zweite Schublade O O. Sie ist eine flache stählerne Schublade, welche gegen die hintere Fläche der ersten Schublade K L angedrückt wird durch die beiden Federn P, P, die an der untern Seite derselben ersten Schublade befestigt sind. Endlich laufen quer durch die Dampfkammer zwei kleine Wellen Q R, Q' R', welche an der einen Seite bei R aus der Dampfkammer hervortreten. Auf die Mitte dieser Wellen sind zwei

Hebedaumen oder kleine Hebeköpfe T, T' aufgezogen, die gerade bis über die zweite Schublade OO reichen. Statt eines solchen Hebedaumens auf der Mitte einer jeden dieser Wellen können auch zwei Hebedaumen an jeder Seite dieser Mitte angebracht werden; damit man die Fig. 587 Nr. 2 deutlicher erkennt, ist die erste Einrichtung angewendet.

Von der zweiten oder hintern Schublade OO werden die rechtwinkligen Oeffnungen c, d der vordern Schublade KL bedeckt, während der Dampf durch Ausdehnung in dem Cylinder wirkt, und während die Bewegung der ersten Schublade fortdauert, damit der Abfluß des benutzten Dampfes bis zum Ende der Kolbenbewegung stattfinde. Die Oeffnungen c und d sind zur Verminderung der Länge der zweiten Schublade, und damit die Entfernung der Wellen Q, Q' die kleinst mögliche sey, schräg gerichtet.

Weil die hintere Schublade O an die vordere Schublade durch die Federn PP angedrückt wird, muß sie an der Bewegung der vordern Schublade Theil nehmen; aber diese Bewegung hört auf, sobald die zweite oder hintere Schublade mit einem der Hebedaumen T, T' in Berührung kommt. Diese Hebedaumen halten alsdann die hintere Schublade, während die vordere Schublade noch fortgeht, wobei jedoch ihre Reibung sowohl an dem Spiegel ab, als an der vorderen Fläche der hintern Schublade überwunden werden muß.

In der Figur ist die Dampfschublade KL im höchsten Stand als aufgezogen dargestellt und zwar gerade soweit, als nöthig ist, um die unterste Dampföffnung d durch die Schublade O (welche von dem Hebedaumen T gehalten wird) zu bedecken. Der Dampfkolben ist alsdann in der Hälfte, oder ein wenig über die Hälfte seines Hubes, und da nun kein

Digitized by Google

Dampf einströmen kann, so kann der Dampfkolben allein durch die Wirkung des ausgedehnt werdenden Dampfes die zweite Hälfte seines Laufes zurücklegen. Inzwischen wird die Dampfschublade **K L** niedergeschoben; die angedrückte Schublade **O O** wird mit niederwärts geführt; in dem Augenblicke, wo der Kolbenlauf beinahe vollendet ist, kommt die Oeffnung **c** in Communication mit der Oeffnung **F**; alsdann ist auch die Oeffnung **G** durch den massiven Theil der Vorderseite der Schublade **K L** bedeckt, und die Schublade **O O** wird nun auch mit dem Hebedaumen **T'** in Berührung kommen, d. h. festgehalten werden, während die Schublade **K L** ihren Weg fortsetzt. Hierdurch wird die Zuflußöffnung **c** immer enger und enger, oder mehr und mehr von der Schublade **O O** bedeckt, bis **K L** in den tiefsten Stand gelangt ist; denn alsdann ist diese Oeffnung ganz bedeckt, und wenn der Dampfkolben zugleich die Hälfte seines Niederganges vollendet hat, so treibt ihn die Ausdehnung des Dampfes durch die zweite Hälfte. Während dieses zweiten Theiles der Bewegung wird die Schublade **K L** wieder emporgezogen; nach Vollendung des Niederganges des Kolbens befindet sie sich in dem Stande, daß die Communication der Oeffnungen **d** und **G**, **F** und **I** einzutreten beginnt, und daß die Schublade **O O** an den obersten Hebedaumen **T** stößt. Der Dampf strömt nun unter den Kolben, um denselben emporzutreiben; die Schublade **K L** wird weiter emporgezogen; die Oeffnung **d** wird enger und enger; und wenn der Kolben die Hälfte des Hubes erreicht hat, so ist die Oeffnung **d** wieder vollkommen bedeckt, wie in der Figur dargestellt ist.

Die Wellen **Q**, **Q'** der Hebedaumen **T**, **T'** können gedreht werden, um die Entfernung der Hebedaumen zu vermehren oder zu vermindern. Damit

diese Wellen gleichzeitig und in gleichem Betrage gedreht werden, tragen die hervortretenden Enden R, R' zwei auf einander wirkende gezahnte Bogen, deren Stand in der Fig. 587 Nr. 1 nur durch punktirte Peripherien angedeutet ist. Werden nun die Wellen so gedreht, daß die Entfernung der Hebedaumen T, T' abnimmt, so wird die Schublade O O eher oder früher an die Hebedaumen stoßen, und die Verschließung der Dampföffnungen wird deshalb auch vor dem Augenblicke stattfinden, wo der Kolben auf die Hälfte seines Laufes gelangt ist. Auf diese einfache Weise kann der Augenblick der vollkommenen Verschließung willkührlich beschleunigt werden, damit keine größere Kraft, als absolut nöthig ist, ausgeübt und auch kein Brennstoff nutzlos verbraucht werde.

Aber eine spätere Absperrung als in dem Augenblicke des halben Kolbenlaufes ist durch die größere Entfernung der Daumen T, T' nicht vollkommen möglich. Durch die größere Entfernung wird nämlich bewirkt, daß ein größerer oder kleinerer Theil der Oeffnungen c, d entblößt bleibt, so daß der Dampf zwar durch eine engere Oeffnung durchströmen muß, als in dem Falle, wo absolut keine Ausdehnung stattfinden soll, aber gleichwohl während des ganzen Kolbenlaufes derselbe in den Cylinder strömen kann. Bei diesem Zufluß durch eine engere Oeffnung gelangt jedoch eine kleinere Quantität Dampf in den Cylinder, und die Wirkung kann deshalb mehr oder weniger verglichen werden mit derjenigen der Ausdehnung, welche durch eine spätere vollkommene Verschließung der Dampföffnungen bewirkt wird.

Endlich können die Daumen soweit von einander entfernt werden, daß die Schublade O O mit denselben in keine Berührung gelangen kann, und der Dampf wird alsdann ohne alle Ausdehnung, aber durchgängig mit vollem Drucke wirken. Als-

Digitized by Google

mit der Länge cd der Kurbelstange als Radius einen Kreisbogen, welcher den Umfang des durch die Kurbelwarze beschriebenen Kreises in dem Punkte h schneidet; alsdann wird eh die entsprechende verlangte Richtung der Kurbel. Ist endlich der Winkel ZOn in Fig. 576 gleichgemacht dem Winkel hed der Fig. 577, so wird die verlangte Stellung des Excentricums hinsichtlich der Richtung der Kurbel durch die Linien OV und OZ bestimmt.

Für den Fall der Anwendung eines Dampfschiebeventils (statt der Dampfschubladen) wird die Verlängerung von OZ, nämlich OZ' die Richtung der Kurbel darstellen müssen, weil der Stand eines Dampfschiebeventils für das Einstreichen des Dampfs übereinstimmt mit dem Stande der Dampfschubladen für den Abfluß des Dampfs und umgekehrt. Dasselbe wird eintreten, wenn bei Anwendung offener halbrunder Dampfschubladen der Dampf aus einem Mantel des Cylinders einstreicht, oder wenn die Bewegung auf eine gewöhnliche Dampfschublade durch Zahnstange und gezahnten Bogen (Fig. 376) ꝛc. fortgepflanzt wird.

Wenn die Stange der Dampfschubladen oder des Dampfschiebeventils unter der Dampfkammer und zwar durch den Boden derselben hervortritt, so kann man dieselbe durch ein Gelenk unmittelbar mit dem Ring eines Excentricums verbinden, welches auf eine kleine Welle GH Fig. 547 aufgezogen ist, die unter der Dampfkammer liegt und ihre Bewegung von der Betriebswelle AB durch das Räderwerk C, D, E, F empfängt. In einem solchen Falle hat die Bestimmung des Standes des Excentricums nicht die geringste Schwierigkeit.

288. Die Dampfschubladen, Dampfschiebeventile ꝛc. können auch so eingerichtet werden, daß der Dampf während eines bestimmten Zeittheils der Be-

wegung des Dampfkolbens in den Cylinder eintreten kann, so daß in den folgenden Augenblicken der Dampf durch Ausdehnung wirkt. Es sey **A B** Fig. 578 Nr. 1 der Durchschnitt einer einzelnen Dampfschublade, durch welche die obere und untere Dampföffnung a und b abwechselnd mit dem Raume der Dampfkammer **C** und mit dem Abzugskanale c in Communication gebracht werden. Die Länge oder Höhe dieser Dampfschublade im Lichten braucht nur etwas größer genommen zu werden, als in dem Falle, wo der Dampf ohne Ausdehnung wirken soll (vergl. z. B. Fig. 376 u. 377), und z. B. nur soviel länger, als die Höhe der Dampföffnungen beträgt. Denn alsdann können die obern oder untern Dampföffnungen a oder b (Fig. 578 Nr. 2 und 4) durch die Schublade bedeckt werden, während die untere oder obere Oeffnung b oder a stets in Communication bleibt mit dem Abzugskanale c. Und dieses ist die Hauptbedingung, welche erfüllt werden muß, damit der Dampf durch Ausdehnung im Cylinder wirkt, nachdem die Dampföffnungen verschlossen sind.

Dieselbe ist anwendbar auf zwei mit einander verbundene Dampfschubladen und auf Dampfbüchsen. Bei Dampfschiebeventilen darf jedoch zur Erreichung desselben Endzwecks weder die Höhe, noch die Länge vergrößert werden, sondern sie muß im Gegentheil um soviel verkürzt werden, als die Höhe der Dampföffnungen beträgt.

Jedoch wird bei dieser höchst einfachen Modifikation der Dampfschubladen oder Dampfschiebeventile die beabsichtigte Wirkung nur dann erlangt werden können, wenn die Bewegung dieser Theile mit bestimmten Unterbrechungen stattfindet. Sie kann für diesen Zweck auf die Art, welche bei der Betrachtung der Steuerung der Dampfhähne Fig. 572 angegeben ist, von der Bewegung der Dampfkolben-

stange, oder auch von derjenigen der Betriebswelle mit Hilfe krummliniger Excentrica (Fig. 54 bis 57 abgeleitet werden. Aber eine solche Art der Steuerung, bei welcher meistentheils nachtheilige Stöße entstehen können und bei welcher die arbeitenden Seiten der Schubladen, die Schiebeventile ꝛc. beschädigt werden können, so daß der dampfdichte Schluß an Genauigkeit verliert, ist (wie oben und im Art. 224 bereits bemerkt worden) im Allgemeinen nicht anzuempfehlen und selbst für Maschinen von mittelmäßigem Kaliber gar nicht rathsam.

Bei einer ununterbrochenen Bewegung der Dampfschubladen, Dampfschieber ꝛc. ist die Möglichkeit vorhanden, den Dampf mit Ausdehnung wirken zu lassen, nur in den Fällen, wenn man 1) mit einem besondern Hahne, Ventil oder Dampfschublade bewirkt, daß der Zufluß des Dampfes für den bestimmten Augenblick der Bewegung des Kolbens abgesperrt werde, während inzwischen die Bewegung der Dampfschubladen, Dampfschieber ꝛc. fortdauert, als ob der Dampf ohne Ausdehnung wirken sollte; 2) oder wenn man beim Gebrauche von Dampfschubladen den Dampf durch zwei verschiedene Oeffnungen in den Cylinder streichen und durch zwei andere Oeffnungen abziehen läßt, so daß zwei oder vier Dampfschubladen vorhanden sind, von denen jede besonders, oder zwei und zwei durch excentrische Scheiben bewegt werden.

a. In dem ersten Falle kann man, wenn das Kaliber der Dampfmaschine klein ist, einen zweiwegigen Hahn, oder ein nach aufwärts sich öffnendes Klappenventil, oder eine Drehklappe (Drosselventil) im Dampfrohr und an der Dampfkammer, in welcher die Dampfschublade oder der Dampfschieber wirkt, auf die Weise anbringen, die in Art. 286 (Fig. 568 bis 571) erklärt ist. Für größere Maschinen ist die

G geschlossen, und der Dampfkolben muß über die Hälfte seines Laufs hinaus seyn. Während der Dampf im Cylinder durch Ausdehnung wirkt, dauert die aufsteigende Bewegung der Schublade fort, und nachdem letztere gerade vor dem Ende der niedersteigenden Bewegung des Kolbens in den Stand Nr. 4 gelangt ist, kann der Dampf wieder einstreichen, um unter den Kolben zu wirken. Dieses zweite Einstreichen dauert fort während der Bewegung der Schublade in dem Stande Nr. 5 und aus diesem wieder zurück bis zu einem Punkte, welcher dem Stande Nr. 4 entspricht. Alsdann findet die Absperrung beim zweiten halben Kolbenlaufe statt, und wenn die Bewegung fortdauert, so kommt die Schublade wieder in den Stand Nr. 1 ꝛc.

Hieraus folgt deshalb, daß die Schublade in einem Zeitraume, demjenigen gleich, in welchem zwei auf einander folgende Kolbenläufe vollendet werden, einmal empor und einmal niedergezogen werden muß, wozu dann auch eine auf die Betriebswelle aufgezogene excentrische Scheibe benutzt werden kann. Sonach müssen also auf die Betriebswelle zwei excentrische Scheiben aufgezogen seyn; jedoch kann man sie auch auf einer kleinen Welle anbringen, die unter den Kammern der Dampfschubladen liegt und ihre Bewegung von der Betriebswelle auf die Art empfängt, welche in Fig. 547 dargestellt ist.

Die Excentricität des Excentricums für die besondere Schublade muß jedoch noch einmal so groß seyn, als diejenige des Excentricums der eigentlichen Dampfschubladen oder des Dampfschiebeventils ꝛc., wenn nämlich die Arme des Kniestücks für die Stangen der Schublade F eine gleiche Länge haben sollen. Denn aus der Betrachtung der Figuren kann man leicht entnehmen, daß die Länge der Dampfschublade wenigstens der dreifachen Höhe der Oeff-

Digitized by Google

nung G gleich seyn müsse, und daß die Extension der Bewegung der Schublade übereinstimmt mit einer Länge, welche reichlich der ebengenannten vierfachen Höhe gleich ist, während die eigentliche Bewegung der Dampfschublade oder des Dampfschiebers ꝛc. nur dieser zweifachen Höhe gleich ist.

Diese Extension der Bewegung der Schublade F kann jedoch beschränkt werden auf eine Länge von reichlich der zweifachen Höhe der Oeffnung G, wenn man, — wie sich ergeben wird aus der aufmerksamen Betrachtung der Fig. 580 und aus der Vergleichung dieser Fig. mit Fig. 579, — die Schublade F (welche alsdann eine Länge besitzt, die nicht viel größer ist, als reichlich die zweifache Höhe der Oeffnung G) einmal auf- und einmal niedersteigen läßt bei jedem aufsteigenden oder niedersteigenden Kolbenlaufe. Damit aber diese Bewegung durch eine excentrische Scheibe fortgepflanzt werde, darf letztere nicht auf die Betriebswelle, wohl aber auf eine andere Welle aufgezogen werden, deren Umgangsgeschwindigkeit noch einmal so groß ist, als diejenige der Hauptbetriebswelle.

Um die Oeffnung G in einem spätern Augenblick, als mit der Vollendung des halben Kolbenlaufs, zu verschließen, mache man entweder diese Oeffnung höher (weiter im Lichten), oder man verkürze die Schublade F und vermindere zugleich die Extension ihrer Bewegung. Sind diese Dimensionen gehörig festgestellt, so muß die relative Stellung des Excentricums bestimmt werden, und für diesen Zweck verfolge man denselben Weg, welcher oben in Art. 287 angegeben ist. Zum bessern Verständniß der Stellung der Kammer, in welcher die besondere Schublade F thätig ist, benutze man das Beispiel, welches in Fig. 581 Nr. 1 mitgetheilt ist. Diese Figur gibt im Standriß einen Durchschnitt von zwei geöffneten

Digitized by Google

Dampfkammern A, B, in welchen zwei verbundene ebene Dampfschubladen thätig seyn müssen. a ist die obere und b die untere Dampföffnung, c und d sind die Abzugsöffnungen, welche hinter den Dampfkammern mit der Abzugsröhre CD communiciren. Die beiden Dampfkammern communiciren mit einander durch die Röhre E, und durch diese Röhre läuft zugleich die Verbindungsstange der Dampfschubladen. Die Schubladenstange steht in Verbindung mit der untern Schublade und kommt bei G unten aus der Dampfkammer heraus. o o' ist das Dampfrohr, aus welchem der Dampf seitlich in die obere Dampfkammer streicht; aber dieser Zufluß wird regulirt durch die besondere flache Dampfschublade F, welche die kleine rechtwinklige Oeffnung p q bedeckt und deren Stange H eben so, wie die Stange G der verbundenen Dampfschubladen unten aus der Dampfkammer I hervortritt. Diese beiden Stangen sind mit excentrischen Scheiben auf einer kleinen Welle, die unter den Dampfkammern liegt und von der Betriebswelle der Dampfmaschine ihre Bewegung empfängt, verbunden. Da die Dampföffnung p q (siehe auch den Grundriß der hintern Fläche K L der Kammer I Fig. 581 Nr. 2) rechtwinklig ist und länger, als der Durchmesser des runden Dampfrohrs o', so besteht zwischen diesen Theilen ein rechtwinkliger Raum e f, in welchen sich die Oeffnung p q einmündet, und mit welchem das Ende o' des Dampfrohrs verbunden ist.

Die zweite Dampfschublade, von welcher hier die Rede gewesen ist, erfordert eine eigne oder besondere Bewegung. Man ist in der neuern Zeit auf den sehr vernünftigen Gedanken gekommen, diese Bewegung von derjenigen der eigentlichen und entsprechenden Dampfschublade abzuleiten, so daß zur Steuerung beider Schubladen nur ein mechanischer Theil gerade

Digitized by Google

Die Zuflußöffnungen sind von zwei Schubladen bedeckt, die mit einander gebunden in derselben Kammer, oder auch getrennt in zwei besondern Kammern arbeiten, so daß sie im letzten Fall abgesondert, d. h. ganz unabhängig von einander gesteuert, oder bewegt werden. Die Höhe dieser Schubladen und die Extension ihrer Bewegung kann nicht geringer seyn, als reichlich die vierfache Höhe der Dampföffnungen, sobald nämlich die Absperrung erfolgen soll, wenn der Kolben die Hälfte seines Laufs erreicht hat. Dieses Maas wird verhältnißmäßig kleiner, wenn die Absperrung in einem spätern Augenblick erfolgen soll. Der Leichtigkeit halber und um die Berührungsoberfläche zu vermindern, können diese Schubladen hohl seyn (Fig. 582). Die Regelmäßigkeit der Bewegung ist folgende: in dem Stande Nr. 1 wird die Dampföffnung O entblößt; die Richtung der Bewegung der Schublade ist niedersteigend. In dem Stande Nr. 2 wird die Dampföffnung ganz entblößt und die Schublade muß wieder aufwärts bewegt werden, so daß sie sehr bald wieder in denselben Stand, wie im Stande Nr. 1 gelangt. Alsdann hört der Zufluß des Dampfes auf. Während der Kolben seinen niedersteigenden Lauf verfolgt, dauert auch die aufsteigende Bewegung der Schublade fort, und am Ende des Laufes wird sich die Schublade in dem Stande Nr. 3 befinden, in welchem die Entfernung vom obern Rande a bis zur untern Seite, oder dem Boden b der Dampföffnung O, ungefähr der dreifachen Höhe dieser Oeffnung gleich ist. Während des ersten Viertels der aufsteigenden Bewegung des Dampfkolbens ist die Schublade noch im Aufsteigen begriffen bis zum Stande Nr. 4; aber nun wird sie wieder niedergedrückt und gelangt gegen das Ende der aufsteigenden Bewegung des Kolbens in den Stand

Digitized by Google

Nr. 1, damit für den folgenden niedersteigenden Kolbenlauf der Dampf wieder einstreichen könne ꝛc.

Die Regelmäßigkeit der Bewegung verändert sich nicht, wenn beide Dampfschubladen verbunden sind, wie sich aus der Betrachtung der Figg. 583 Nr. 1 bis 4 entnehmen läßt, und eine ähnliche Einrichtung ist anwendbar für den Fall, in welchem für Maschinen von kleinem Kaliber die beiden Dampföffnungen nur durch eine Dampfschublade bedeckt und entblößt werden. Alsdann muß gleichwohl die arbeitende Seite cd (Fig. 584) der Schublade nicht hohl, sondern ganz eben seyn, und man kann dieselbe auf dem Rücken mit zwei Kreuzrippen verstärken. Dieselbe Form kann auch der zweiten Schublade gegeben werden, welche auf den beiden Abzugsöffnungen liegt.

Wenn man die Zeit der Ergießung des Dampfes in die Dampfkammer mit einer besondern Schublade Fig. 579 und 580 regulirt, und wenn die Oeffnung G für den Zufluß des Dampfes dieselbe Dimension hat, wie die Dampföffnung, oder wie die Dampföffnungen, so kann diese Schublade in dem Fall, auf welchen sich die Fig. 579 bezieht, keine kleinere Oberfläche haben, als die vierfache Oberfläche oder den Quadratinhalt der Oeffnung G. Da nun die gewöhnlichen Schubladen dem Dampfe häufig keine geringere Oberfläche darbieten, als die sechsfache Oberfläche der Oeffnung G (Art. 216), so folgt hieraus, daß die Reibung, welche bei der Bewegung der besondern Schublade F überwunden werden muß, $\frac{2}{3}$ der Reibung einer Schublade für die Dampföffnungen des Treibcylinders betragen, oder auch wohl $\frac{1}{3}$ der Reibung von zwei Dampfschubladen betragen müsse. Aber die Extension der Bewegung, oder vielmehr die Geschwindigkeit der Bewegung der besondern Schublade F Fig. 579 oder 580 muß eben so groß seyn, als diejenige der Dampfschubladen. Dazu

ist eine doppelte Kraft erforderlich, welche auch $\frac{2}{3}$ der Kraft, die zur Steuerung der Dampfschubladen nöthig ist, gleich seyn kann, und zwar ohne die Reibung in Anschlag zu bringen, die durch die Reibung der Theile erzeugt wird, welche zur Bewegung der besondern Schublade erforderlich sind. Jedoch ist diese Kraft kleiner, wenn der Dampf durch Ausdehnung im Cylinder wirkt, weil alsdann seine Spannung in der Dampfkammer um eben soviel abnimmt, als im Treibcylinder; hierdurch kann die Durchschnittskraft, welche zur Bewegung der Dampfschubladen erforderlich ist, leicht eine Verminderung von $\frac{1}{8}$ erfahren. Ferner wird die Schublade F nicht allein von dem aus dem Kessel zuströmenden Dampf auf den Rücken gedrückt, sondern sie erfährt auch an der Arbeitsseite von dem in der Dampfkammer befindlichen Dampf einen Gegendruck, und durch diesen Gegendruck kann die zur Steuerung erforderliche Durchschnittskraft bis $\frac{1}{2}$ (statt $\frac{2}{3}$) der Kraft abnehmen, die zur Bewegung der Dampfschubladen erforderlich ist, wenn der Dampf ohne Ausdehnung wirkt. Deshalb wird die ganze Durchschnittskraft gebracht bis zu $\frac{7}{8} + \frac{1}{2} =$ ungefähr $1\frac{1}{3}$ und ist höchstens $\frac{1}{3}$ mehr, als in dem Falle, wo der Dampf ohne Ausdehnung wirkt. Dieser Zuschuß wird kaum $\frac{1}{6}$, wenn man sowohl die Länge der Schublade, als die Extension ihrer Bewegung vermindert (Fig. 580), sobald sich die Welle des Excentricums der Schublade noch einmal so geschwind dreht, als die Hauptwelle, oder die sogenannte erste Welle.

Auf ähnliche Weise läßt sich folgern, daß, wenn der Treibcylinder mit vier Oeffnungen versehen ist, von denen jede mit besondern Schubladen bedeckt wird, jedoch dergestalt, daß je zwei und zwei derselben mit einander verbunden sind (Fig. 583) — oder wenn der Zufluß des Dampfes, so wie auch der Abfluß dessel-

Digitized by Google

den durch eine einzelne Schublade regulirt wird (Figur 584) — daß alsdann die Kraft, die zur Steuerung dieser Schubladen erforderlich ist, beinahe noch einmal so groß seyn müsse, als die zur Bewegung gewöhnlicher Dampfschubladen erforderliche Kraft, wenn der Dampf ohne eigentliche oder bedeutende Ausdehnung wirkt.

Es ist deshalb in Bezug auf den Kraftverlust vortheilhafter, durch eine einzelne besondere Schublade Fig. 579 oder 580 den Zufluß des Dampfes in die Dampfkammer zu reguliren, so daß derselbe mit Ausdehnung im Cylinder wirken kann, als für denselben Zweck die Zahl der Dampföffnungen des Cylinders, wie auch die Zahl der Schubladen zu verdoppeln. Ohne Zweifel erheischt die Anwendung des letztgenannten Planes auch eine größere Zusammensetzung der Theile; aber von einer andern Seite gewährt sie zwei wesentliche Vortheile. Zuerst wird der Dampf allein im Cylinder ausgedehnt, während bei dem erstgenannten Plane (der übrigens empfehlenswerth und bei Anwendung von Dampfschiebeventilen einzig und allein anzuwenden ist) ein Theil des Nutzeffectes des Dampfes dadurch verloren gehen muß, daß die Ausdehnung nicht allein im Cylinder, sondern zugleich in der Dampfkammer stattfindet. Zum andern kann der dampfdichte Schluß der arbeitenden Flächen der Dampfschubladen gegen die Hinterplatten oder Spiegel der Dampfkammern, oder der Dampföffnungen vollkommener seyn, weil die Schubladen alle abgesondert sind, oder wenigstens abgesondert werden können. Und dadurch kann einem Haupterforderniß leichter entsprochen werden, was besonders bei Anwendung von Dampfschiebeventilen, oder wenn der Dampf mit hohem Drucke wirkt, große Schwierigkeit verursachen kann.

Digitized by Google

289. Mit einer Einrichtung, bei welcher, um den Dampf mit Ausdehnung im Cylinder wirken zu lassen, die Zufluß- und Abflußöffnungen von einander geschieden und mit besondern Schubladen bedeckt werden, läßt sich übrigens in Verbindung bringen die Einrichtung des englischen Ingenieurs Seaward, die erst nach dem Drucke des vierten der vorhergehenden Kapitel dem Verfasser dieser Schrift bekannt geworden ist, und zu deren Erklärung sich eben jetzt eine schickliche Gelegenheit darbietet.

Nach dieser Einrichtung hat der Cylinder vier Dampföffnungen, zwei für den Zufluß und zwei andere für den Abfluß des Dampfes. Für jede dieser Oeffnungen wird eine besondere flache Schublade in einer besondern Kammer angebracht. Die Spiegel, auf welchen diese Schubladen arbeiten, sind nicht an den Cylinder geschraubt, sondern mit Keilen (in den entsprechenden Kammern) an die Flächen der Mündungen der Zuflußöffnungen, oder vor die Ausflußöffnung befestigt, so daß jeder besonders erreichbar ist, und leicht, ohne andere Theile aus- oder abzunehmen, untersucht oder hergestellt werden kann ꝛc. Diese Schubladen werden ohne alle Liderung einzig und allein durch den Druck des Dampfes geschlossen erhalten, und diejenigen, welche die Zuflußöffnungen bedecken, können ungehindert gedreht oder geöffnet werden an den Gelenken, durch welche sie mit ihren Stangen verbunden sind, so daß das Wasser, welches auf die eine oder die andere Weise vielleicht im Cylinder sich angehäuft hat, immer leicht durch die Dampföffnungen, wie durch die Oeffnungen, welche mit den sogenannten Wasserventilen verschlossen sind, ausgetrieben werden kann.

In der Fig. 585 ist die obere Hälfte eines solchen Dampfcylinders dargestellt. C ist die obere Zuflußöffnung und D die obere Abzugsöffnung. Diese

Digitized by Google

Oeffnungen sind zu mehrerer Deutlichkeit der Beschreibung einander gegenüber gerichtet, doch können sie, um die Maschine weniger complicirt zu machen, neben einander liegen. Unten hat der Cylinder ebenfalls zwei Oeffnungen. Die Abzugsöffnungen können ohne besondern Nachtheil größer seyn, als die Zuflußöffnungen. An die Flächen E F, G H der Oeffnungen C, D ꝛc. werden die Kammern I, K ꝛc. angeschraubt. Die Kammern I für die Zuflußöffnungen communiciren durch eine Röhre L, an welche bei M das Dampfrohr angesetzt werden kann.

Die Kammern K für den Abfluß des Dampfes communiciren ebenfalls durch einen flachen Kanal N, dem eigentlichen Abzugskanal, durch welchen der benutzte Dampf nach dem Condensator oder nach außen entweicht. In diesen Kammern nun arbeiten die flachen metallenen, oder sogar gußeisernen Schubladen O, P, ꝛc. und zwar auf ebenen metallenen oder gußeisernen Platten, oder Spiegeln Q R, S T, in welchen rechtwinklige Oeffnungen a, b, angebracht sind, die den Zuflußöffnungen C und den Oeffnungen oder Mündungen U des Abzugskanales entsprechen.

Die Spiegel Q R für die Zuflußöffnungen C liegen an den Ebenen E F des Cylinders, aber die Spiegel S T der Schubladen für die Abzugsöffnungen U liegen an der Wand der entsprechenden Kammern K und sind deshalb vom Cylinder abgewendet. Hierdurch werden die hintern Flächen der Schubladen T, so wie diejenigen der Schubladen O stets durch den Dampf A, B gedrückt, so daß, wenn der Dampf, bei C einströmt und die Schublade P über die Oeffnung U gezogen wird, diese Oeffnung dampfdicht geschlossen bleiben kann. Aber eine nachtheilige Folge dieser Einrichtung ist, daß bei jedem Kolbenlauf der Raum der Kammern K mit Dampf gefüllt

wird, welcher nachher mit dem benutzten Dampf abzieht und deshalb unbenutzt verloren geht.

In der Fig. 585 Nr. 2 ist eine der Dampfkammern I nach einem größern Maasstabe im Durchschnitte gezeichnet und in Fig. 585 Nr. 3 zugleich im Grundrisse dargestellt, um bemerklich zu machen, wie die Spiegel **QR** allein mit an einander liegenden Keilen V, W angeschlossen werden an die Ebenen oder Flächen der Dampföffnungen. Wenn die Keile V niederwärts geschlagen werden, so werden die Spiegel, die ganz unabhängig von einander sind, ohne die Kammern zu entfernen, in einem Augenblicke geöffnet, wenn sie untersucht oder ausgebessert werden sollen ꝛc. Das dampfdichte Anschließen der Spiegel kann nur dann vollkommen seyn, wenn die hintern und vordern Flächen derselben, nebst den Flächen **EF** sehr genau abgeschliffen sind. Aber es werden über dieses an den stehenden Kanten, wie auch an den Hinterflächen und an den untern Seiten gewisse Räume 1, 2, 3 und 4 gelassen, damit wenn mögliche Risse oder Räume am Umfange der Spiegel vielleicht vorhanden sind, dieselben mit Liderung verschlossen, oder mit Werg und Mennige ausgefüllt werden können.

Die Schubladen werden, wie erwähnt worden ist, allein durch den Dampfdruck in gehörigem Maase gegen die Spiegel gedrückt, ohne daß sie in besondern Nuthen geleitet zu werden brauchen. Inzwischen würde eine Leitung der vertikalen Kanten dieser Schubladen mittelst Leisten, die auf die Spiegel zu schrauben wären, zur Beförderung der richtigen Bewegung immer rathsam seyn. Endlich bemerke man noch, daß die Schubladen **O**, welche die Zuflußöffnungen **C** bedecken, nicht fest verbunden sind mit ihren Stangen **cd**, sondern blos durch Gelenke **c**. Auf diese Weise haben die Schubladen bei **c** ei-

Digitized by Google

nen Drehungspunkt, um welchen sie geöffnet werden können, um Wasser auszutreiben, welches sich im Cylinder vielleicht angesammelt hat, und welches, nachdem es durch die Röhre L abgelaufen ist, durch eine Röhre mit Hahnstück am Boden des Cylinders abgezapft werden kann. Für die Schubladen P, welche die Abzugsöffnungen U bedecken, braucht eine solche Einrichtung nicht vorhanden zu seyn.

Obgleich jede der Schubladen ihre eigne Stange hat, so können jedoch diese Stangen außer den Kammern verbunden werden, um je zwei und zwei bewegt zu werden. Diese Bewegungen können durch zwei Excentrica mitgetheilt werden. Es kann sogar ein einziges Excentricum ausreichend seyn, wenn die eben genannten verbundenen Stangen mit zwei einander gegenüber liegenden Armen einer kleinen Welle verbunden sind, welche durch das Excentricum abwechselnd gedreht wird.

Die Schubladen bedürfen (wenn der Dampf ohne Ausdehnung wirken soll) keine größere Oberfläche, als die Hälfte der Oberfläche gewöhnlicher hohler Schubladen; und weil bei der Entblößung einer der Abzugsöffnungen die entsprechende Schublade nur einen sehr geringen Druck erfährt, so kann die zur Steuerung dieser vier Schubladen erforderliche Kraft, — selbst mit Inbegriff dessen, was für die stärkere Reibung der Stangen erforderlich ist, — nicht bedeutend von der Kraft differiren, welche auf die Bewegung von zwei gewöhnlichen verbundenen Schubladen verwendet werden muß.

Der dampfdichte Anschluß der arbeitenden Flächen der Dampfschubladen an ihre Spiegel kann um so eher stattfinden, wenn die Dampfschubladen bei einer geringern Länge oder Höhe isolirt bestehen und so zu sagen von einander geschieden sind, als wenn sie zugleich bei einer größern Höhe verbunden werden

Digitized by Google

müssen. Bei Anwendung von Dampfschiebeventilen haben die ebenen metallenen Deckplatten, mit welchen die Flächen der Dampfschiebeventile unten und oben belegt werden, auch eine geringe Höhe, die häufig nicht mehr beträgt als $1\frac{1}{4}$ Mal die Höhe der Dampföffnungen. Die Schwierigkeit jedoch, um zu bewirken, daß diese beiden Platten, wie auch die entsprechenden Spiegel, auf welchen sie geschoben werden sollen, in derselben mathematischen Ebene liegen, ist um so viel größer, um wieviel die Dimensionen der Dampfschiebeventile beträchtlicher sind (Art. 218); und durch die ungleiche Ausdehnung des Metalles des Schiebeventiles kann der gleichzeitige, vollkommen genaue Schluß der genannten Deckplatten aufhören. Um die Entstehung dieses möglichen Fehlers unwahrscheinlich zu machen, ist die Einrichtung Seaward's von keiner unmittelbaren Anwendung, weil nach derselben die Dampfschiebeventile mit einemmal durch besondere Schubladen ersetzt werden müßten. Doch wie bei dieser Einrichtung die Schubladen unabhängig von einer gegenseitigen Verbindung gegen ihre Spiegel angedrückt werden, eben so können auch die oben genannten metallenen Deckplatten der Dampfschiebeventile unabhängig von einander mit den entsprechenden Spiegeln in Berührung gehalten werden und zwar, indem man dieselben bewegbar macht.

Samuel Hall, der sich durch verschiedene wichtige Verbesserungen und Modificationen der Dampfmaschine Verdienste erworben hat (unter andern durch seinen Condensationsapparat, von welchem in Art. 235 die Rede gewesen ist), hat dergleichen Dampfschiebeventile und auch Dampfschubladen mit beweglichen Platten zum Bedecken und Trennen der Dampföffnung ersonnen. Die Skizze Fig. 586, welche einen Durchschnitt des obern Theiles eines halbrunden Dampfschiebeventiles darstellt, kann zum Verständniß

der gedachten Einrichtung dienen. A sey die obere Dampföffnung; B der obere Theil der Dampfkammer, in welchem das Schiebeventil C bewegt wird; a ist die eben geschliffene Deckplatte, welche, statt an der Vorderseite des Schiebeventiles befestigt zu seyn, nur lose getragen wird, zwischen der untern und der obern Leiste einer Art von Gehäuse DE. In diesem Gehäuse befindet sich eine vertikale bewegliche Platte c, welche mit zwei Schrauben, wie s, vorwärts geschoben werden kann, und der Raum ii zwischen den Platten a und c wird ausgefüllt mit Kattunstreifen, die eine Art elastischer Liderung bilden. Wenn die Deckplatten und die Spiegel derselben gut geschliffen sind, so werden die Platten, wenn sie einmal gut gestellt sind, mittelst der genannten Liderung immer mit Schluß auf ihren Spiegeln sitzen, und sollten auch letztere, obschon an und für sich eben, — nicht in derselben mathematischen Ebene liegen, und sollte auch das ganze Dampfschiebeventil sehr ungleichmäßig auf verschiedenen Punkten ausgedehnt werden.

Um mit einer hohlen Dampfschublade, welche durch keine Liderung, sondern durch Dampfdruck gegen den entsprechenden Spiegel angedrückt wird, denselben Zweck zu erreichen, so besteht jede der vier Leisten der Schublade aus einer besondern, auf vorgeschriebene Weise beweglichen, kleinen, eben geschliffenen Platte. Jedoch ist die Anwendung auf Dampfschiebeventile einfacher, und man kann von denselben einen gewünschten Erfolg erwarten; bei einer ähnlichen Einrichtung der hohlen Dampfschubladen kann dieses mehr oder weniger bezweifelt werden.

Nach einem ähnlichen Grundsatze sind die verbesserten Dampfkolben von Hall eingerichtet. Diese Kolben bestehen aus einem Bodenstück, einem massiven Mittelstück und einem Deckstück. Die Bo-

Digitized by Google

dann behält die zweite Schublade den unveränderlichen Stand, welcher angegeben ist in Fig. 587 Nr. 3, nämlich denjenigen Stand, in welchem sie beide Oeffnungen c, d halb bedeckt, so daß die eigentlichen Dampföffnungen der Schublade KL die mit m und n bezeichneten sind, welche nur die halbe Höhe von c und d haben. Will man deshalb die Einrichtung auch für diesen Zweck anwenden, so ist es nützlich, daß die Höhe der Oeffnungen c und d, wie auch F und G noch einmal so groß gemacht werde, als diejenige der eigentlichen Dampföffnungen im Cylinder. Die Extension der Bewegung der Dampfschublade KL muß folglich auch noch einmal so groß seyn, als absolut nöthig ist, wenn der Dampf nicht durch Ausdehnung wirken soll.

Die Erfinder dieser compendiösen mechanischen Einrichtung (durch welche die Zahl der Theile sowohl, als der Dampf- und Kraftverlust der kleinste ist) haben das konische Pendel in Verbindung gebracht mit einer der beiden Wellen QR oder Q′R′, um bei der Beschleunigung oder der Verzögerung des Ganges der Maschine die Verschließung der Dampföffnungen zur Herstellung der Regelmäßigkeit der Bewegung früher oder später zu bewirken. Hierdurch wird ein Drosselventil unnöthig, jedoch glaubt man nicht, daß der Effect für den gedachten Zweck besser, als mit einem Drosselventil erreicht wird. Durch diese Verbindung mit dem konischen Pendel behalten blos die Hebebaumen T, T′ die Entfernung, welche sie zur Verschliessung der Zuflußöffnungen c, d in dem vorausbestimmten Augenblicke haben müssen, und in dieser Hinsicht wird durch das Pendel eine sehr wichtige Bedingung erfüllt.

Digitized by Google

§. III.

Ueber die Mittel, den Gang einer Dampfmaschine zu reguliren und den Effect zu messen oder auszumitteln.

290. Das konische oder rotirende Pendel. Wenn die arbeitenden Theile einer Dampfmaschine, die bestimmt sind, die Bewegung auf andere Maschinen fortzupflanzen, genau verfertigt und zusammengesetzt sind, so hängt die Regelmäßigkeit der Bewegung ganz besonders ab von dem ganz gleichmäßigen Zuflusse des Dampfs. Es kann jedoch diese Regelmäßigkeit gestört werden, wenn die Dichtigkeit des Dampfs im Kessel sich auf einmal bedeutend verändert. Wenn dieses stattfindet, d. h. wenn durch eine zunehmende Dichtigkeit des Dampfs auch die Spannung desselben zunimmt, so kann durch eine Verengerung des Durchschnitts der Dampfröhre mit Hilfe des Drosselventils der Durchfluß des Dampfs behindert werden, so daß auch die Zunahme der Geschwindigkeit der Bewegung des Dampfkolbens verhindert wird, indem nun die Spannung zwar größer, aber die Quantität des Dampfs, der in den Cylinder streicht, kleiner seyn wird.

Damit die Verengerung der Dampfröhre gerade so viel betragen könne, als der größern oder geringern Beschleunigung der Bewegung entspricht, welche ohne eine Verengerung der Durchflußöffnung stattfinden muß, muß auch die Steuerung des Drosselventils durch mechanische Mittel und zwar durch einen Theil bewirkt werden, der allein bei Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit dem Drosselventile einige Bewegung mittheilen kann. Ein solches Mittel ist in dem rotirenden oder konischen Pendel gegeben, das auch wohl den Namen Regulator führt.

Digitized by Google

Es würde überflüssig seyn, die besondere Einrichtung, Wirkungsart und Anbringung des konischen Pendels ausführlich zu beschreiben, da es bereits sowohl in der II. Abtheilung des II. Theils, als auch in der vorhergehenden Abtheilung dieses Theils (vergleiche auch Fig. 29, 35, 69, 75 und 85) ausführlich geschehen ist. Blos das Eine und das Andere hinsichtlich der Dimensionen dieses mechanischen Theils soll hier speciell entwickelt werden.

Die Bewegung des konischen Pendels ist eine rotirende. Um dieselbe zu erzeugen, muß deshalb eine andere rotirende Bewegung vorhanden seyn: entweder ist es die Bewegung einer Welle, oder sie wird von der auf- und niedergehenden Bewegung speciell für die Bewegung des konischen Pendels abgeleitet. Jedoch kann die Anwendung eines Pendels allein dann von Nutzen seyn, wenn der Effect der Dampfmaschine unveränderlich seyn muß und wenn zugleich für diesen Effect eine sehr regelmäßige Mittheilung der Bewegung erforderlich wird. Denn für diese Anwendung würde nicht die mindeste Nothwendigkeit vorliegen, wenn eine bedeutende Veränderung der Geschwindigkeit der Bewegung keinen Einfluß auf den Effect haben könnte, oder durch die zu überwindenden Widerstände selbst absorbirt wird. Eine solche Anwendung würde ganz zwecklos seyn, wenn in Folge der Art der zu verrichtenden Arbeit die Entwickelung der Kraft bald bedeutend, bald wiederum gering seyn müßte; in solchen Fällen, oder für dergleichen Zwecke muß das Drosselventil mit der Hand gesteuert werden.

Bei der Bewegung des konischen Pendels sind zwei Kräfte thätig, welche beide das Gleichgewicht der Pendelkugeln **B B** Fig. 588 erhalten, wenn es nicht durch eine derselben gestört oder aufgehoben wird. Diese Kräfte sind die Centrifugalkraft, erzeugt durch die Umdrehung der stehenden Spindel

Digitized by Google

AC, an welcher der Drehungspunkt A der Pendelstangen AB befestigt ist, und die Schwerkraft, die in der Schwere der Kugeln der Stangen ꝛc. besteht. Durch die erste dieser Kräfte werden die Kugeln von der Spindel AC entfernt werden, und durch die zweite müssen sie sich der Spindel nähern. Diese Kräfte halten sich im Gleichgewichte, wenn die Kugeln B, indem sich die Spindel ACD gleichförmig dreht, in derselben Entfernung von der Spindel ACD erhalten werden; alsdann läuft die verlängerte Richtung der zusammengesetzten Kraft gerade durch den Drehungspunkt A. Wird jedoch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel AE größer, so wird zugleich durch die Zunahme der Centrifugalkraft das Gleichgewicht aufgehoben, bis die Entfernung der Kugeln so viel mehr beträgt, daß die zusammengesetzte Kraft wieder nach dem Drehungspunkt A gerichtet ist. Bei einer Verminderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel ACD wird gerade das Umgekehrte stattfinden, aber das Gleichgewicht wird auch wieder hergestellt werden, sobald die Kugeln sich hinlänglich der Spindel ACD genähert haben, so daß entsprechend der geringern Geschwindigkeit die Richtung der Kraft, zusammengesetzt aus der Schwere und aus der verminderten Centrifugalkraft durch den Drehungspunkt A laufen kann.

Für jede bestimmte Länge AB der Pendelstangen AB und für jede bestimmte Zahl von Umdrehungen der Spindel ACD werden die Kugeln B bis auf einen bestimmten Abstand von der Spindel AC entfernt werden, und der vertikale Abstand AC oder BS von ihren Mittelpunkten bis zur horizontalen Ebene, welche durch den Drehungspunkt A läuft, muß deshalb gleichfalls bestimmt seyn. Es ist deshalb dieser vertikale Abstand, oder die Höhe AC, welche bei einer bestimmten Länge der Pendelstangen

Digitized by Google

AB unmittelbar abhängt von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel ACD, d. i. von der Anzahl der Umdrehungen, welche von dieser Spindel in jeder Minute vollbracht werden. Es sey diese Zahl = n, so ist immer

$$AC = \frac{895{,}27}{n^2}.$$

Für einige verschiedene Werthe von n sind die Resultate der Berechnung in folgender Tabelle zusammengestellt.

Umdrehungen in der Minute.	Vertikaler Abstand der Kugeln vom Drehungspunkt.	Differenzen der vertikalen Abstände.
25	1,432 niederl. Ellen.	
26	1,325 — —	.... 0,107 niederl. Ellen.
27	1,228 — —	.... 0,097 — —
28	1,142 — —	.... 0,086 — —
29	1,064 — —	.... 0,078 — —
30	0,994 — —	.... 0,070 — —
31	0,931 — —	.... 0,063 — —
32	0,874 — —	.... 0,057 — —
33	0,822 — —	.... 0,052 — —
34	0,774 — —	.... 0,048 — —
35	0,731 — —	.... 0,043 — —
36	0,691 — —	.... 0,040 — —
37	0,654 — —	.... 0,037 — —
38	0,620 — —	.... 0,034 — —
39	0,588 — —	.... 0,032 — —
40	0,560 — —	.... 0,028 — —

Aus diesen Berechnungen ergibt sich deshalb, daß das konische Pendel bei einer Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit um so empfindlicher ist, je geringer die ursprüngliche Geschwindigkeit der Umdre-

Digitized by Google

hung ist. Diese Umdrehungsgeschwindigkeit darf jedoch nicht ganz willkürlich genommen werden, sondern hängt einigermaasen von der besondern Einrichtung und Wirkungsart des Pendels ab. So wie z. B. das Pendel in Fig. 588 gerichtet ist, wird die Extension der Bewegung der Büchse G im Verhältnisse der Entfernung der Kugeln von der Spindel A C D größer seyn, als in dem Falle, wo die Pendelstangen auf die Büchse als Hebel zweiter Art wirken (vergl. Fig. 35). Man wird dieses deutlicher einsehen bei Betrachtung von Fig. 589, wo die Pendelstangen und die Büchse in drei verschiedenen Ständen A B, A b, A b' und G, g, g' bezeichnet sind; denn in den beiden äußersten Ständen ist die Extension g g' der Bewegung der Büchse G größer, wenigstens nicht kleiner als die Differenz c c' der vertikalen Abstände der Kugeln vom Drehungspunkte A. Das Drosselventil kann hierdurch zu stark auf einmal gedreht werden, und für diese Art von Pendel muß deshalb eine Zahl von 36 Umdrehungen zweckmäßiger, als eine Zahl von 25 Umdrehungen seyn können. Von einer andern Seite muß auch bei einer geringern Geschwindigkeit die größere Länge der Pendelstangen hinderlich seyn können, und selten bestimmt man die Zahl der Umdrehungen auf weniger als 30, und für kleinere Maschinen auf mehr als 40.

Obgleich die oben stehenden Resultate einige Veränderungen erfahren werden, wenn die Schwere der Pendelstangen und der Effect der Reibung mit in Rechnung gebracht werden, so kann diese Differenz hauptsächlich bei größerer Schwere der Kugeln dennoch nicht groß seyn, und die erlangten Resultate sind deshalb für die Praxis ganz ausreichend.

Setzt man die Zahl der Umdrehungen der Spindel A C für jede Minute auf 30, so wird die vertikale Entfernung vom Mittelpunkte der Kugeln bis

Digitized by Google

zum Drehungspunkte A ziemlich 1 niederländische Elle betragen, und mit dieser Länge stimmt auch diejenige des gewöhnlichen Sekundenpendels überein. Nimmt man an, daß bei dieser Geschwindigkeit der Umdrehung die Pendelstangen BA mit der Spindel AC einen Winkel von 30° machen, so müssen diese Stangen vom Drehungspunkte A bis zu den Mittelpunkten B der Kugeln keine geringere Länge als $11\frac{1}{2}$ niederländische Palmen haben.

Wenn die Geschwindigkeit der Bewegung des Dampfkolbens nur so wenig vermehrt oder vermindert wird, daß durch dieselbe die Zahl der Umdrehungen der Spindel des Pendels um $\frac{1}{20}$ größer oder kleiner wird, so muß die Wirkung des Pendels auf die Büchse gleichwohl bemerklich werden. Denn wenn man die Zahl der Umdrehungen 30 um den zwanzigsten Theil vermehrt oder vermindert, so bekommt man $31\frac{1}{2}$ und $28\frac{1}{2}$ Umdrehungen. Ferner wird man durch Berechnung finden, daß für $28\frac{1}{2}$ Umdrehungen die Entfernung Ac Fig. 589 = 1,102 und für $31\frac{1}{2}$ Umdrehungen die Entfernung Ac′ = 0,902 wird. Aus dieser Veränderung entsteht deshalb eine Differenz cc′ an Höhe von 2 niederländischen Palmen, was ziemlich $\frac{1}{5}$ der mittlern Höhe beträgt, während die Geschwindigkeit eine Veränderung von $\frac{2}{20}$ oder $\frac{1}{10}$ erfährt, so daß die proportionale Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit zur proportionalen Differenz in der Höhe der Kugeln sich verhalten muß, wie 1 zu 2, und dieses Verhältniß ist beinahe unveränderlich, oder bleibt sich gleich, wie auch die ursprünglichen Geschwindigkeiten und ihre proportionalen Veränderungen seyn mögen.

Man kann die eben genannte Differenz in der Höhe zum Maasstabe nehmen, um derselben entsprechend die Extension der Bewegung der Büchse G zu bestimmen. Ist diese Extension festgesetzt, so müssen

mer vor die Oeffnung des Dampfrohrs gebracht und mittelst einer kleinen Zahnstange und eines gezahnten Bogens von außen gesteuert wird; hierzu ist jedoch mehr Kraft erforderlich, als zum Drehen des Drosselventils. Wie endlich, wenn der Dampf mit Ausdehnung wirkt, das konische Pendel auf die zweite Dampfschublade wirken könne, ist am Ende des vorigen Paragraphen angegeben worden (vergleiche Figur 587).

Die Schwere der Kugeln kann sehr verschieden seyn. Eines Theils hängt sie ab vom Kaliber der Maschine, weil die Größe des Pendels mit diesem Kaliber in Verbindung steht, und für einen kleinern Pendel, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit größer ist, braucht die Schwere der Kugeln offenbar so viel nicht zu betragen, als für einen größern Pendel, welcher weniger geschwind gedreht wird. Von einer andern Seite muß diese Schwere mehr als hinlänglich seyn, um durch Stangen und Hebel das Drosselventil drehen und den Widerstand der verschiedenen Reibungen überwinden zu können. Aus diesem Grunde kann das Gewicht der Kugeln von 15 bis zu mehr als 30 niederländischen Pfunden gehen und muß in jedem besondern Falle eigens bestimmt werden.

Die Bewegung der Spindel des konischen Pendels wird abgeleitet von derjenigen der Betriebswelle oder irgend einer andern Welle, in deren Nähe das Pendel gebracht wird. Hierzu kann man Kegelräder oder Scheiben mit Laufbändern und Schnuren ohne Ende benutzen, je nachdem die Entfernung zwischen der Welle und Spindel des Pendels dieses gebietet. Es ist übrigens leicht, die Dimensionen des Räderwerks oder der Scheiben zu bestimmen, weil man bei dem Entwurf einer Dampfmaschine die Zahl der Umgänge der Betriebswelle in der Minute aus der Länge des Dampfkolbenlaufs sehr genau vorher wissen kann,

Digitized by Google

und da man gleichfalls die Zahl der Umdrehungen der Spindel des koniſchen Pendels kennt, ſo müſſen auch die Zahl der Zähne der Räder oder die Durchmeſſer der Scheiben zu einander im umgekehrten Verhältniſſe der eben genannten Umdrehungsgeſchwindigkeiten ſtehen. Wendet man Scheiben an, ſo iſt es häufig von Nutzen, dieſelben mit zwei oder drei Auskehlungen von verſchiedenem Durchmeſſer zu verſehen, um je nach dem Zweck oder der gemachten Erfahrung die Umdrehungsgeſchwindigkeit der Spindel des koniſchen Pendels vermehren oder vermindern zu können.

290 (*). Andere Arten von Regulatoren. Das koniſche Pendel iſt nicht das einzige Mittel, durch welches das Droſſelventil zur Regulirung der Geſchwindigkeit der Bewegung des Dampfkolbens geſteuert werden kann. Wenn jedoch die Bewegung des Maſchinentheils, welcher zur Steuerung des Droſſelventils dienen ſoll, abgeleitet werden muß von der Bewegung der Welle, ſo iſt hierzu kein anderes Mittel zweckmäßiger, als ein koniſches Pendel. Wenn aber die durch den Dampfkolben oder den Balancier mitgetheilte Bewegung keine rotirende iſt, muß zur Anwendung eines koniſchen Pendels ausdrücklich eine rotirende Bewegung erzeugt werden, und alsdann iſt die Anwendung anderer Mittel häufig einfacher und auch ausreichend.

Iſt die Dampfmaſchine dazu beſtimmt, um durch eine doppelte Druckpumpe oder mit Hilfe von Saugpumpen Waſſer zu heben, ſo kann die Geſchwindigkeit der Bewegung durch die größere oder geringere Quantität Waſſer regulirt werden, welche durch Ausgußröhren ausgetrieben, oder durch Leitungsröhren fortgetrieben wird.

Man denke ſich einen kleinen, ſauber ausgebohrten Cylinder, welcher oben offen iſt und einen waſ-

Digitized by Google

ferdicht schließenden Kolben oder Embolus enthält. Der Boden dieses Cylinders stehe durch eine Röhre in Kommunication mit dem Windkessel des Pumpenwerks. Die Stange des Kolbens läuft durch eine Stopfbüchse im Boden des Cylinders und ist unten mit einigen Bleischeiben beschwert, die an den kurzen Gliedern einer Kette hängen, welche mit diesen Scheiben zum Theil auf einem Boden liegt, oder unterstützt wird. Der obere Theil der Kolbenstange steht in Verbindung mit dem Drosselventil mittelst der nöthigen Stangen und Knieſtücke. Nimmt nun die Geschwindigkeit der Bewegung des Dampfkolbens zu, so wird auch in derselben Zeit die Wasserförderung vermehrt, und die Luft im Windkessel wird auch mehr zusammengepreßt werden, was zur Folge haben muß, daß mehr Wasser in den Cylinder getrieben wird, so daß der Embolus aufwärts getrieben und der Durchschnitt des Dampfrohres durch die gleichzeitige Bewegung des Drosselventils mehr verengert werden muß ꝛc. Die Belastung des Embolus sey so groß, daß bei mittlerer Geschwindigkeit der Bewegung des Dampfkolbens die Last sammt der Reibung des Embolus und dem Druck der Luft auf dessen Oberfläche der zusammengepreßten Luft im Windkessel das Gleichgewicht hält. Und da vom Grunde oder Boden eine größere Zahl bleierner Scheiben oder Gewichte gehoben werden müssen, je höher der Embolus emporsteigt, so wird diese zunehmende Last ein passendes Hinderungsmittel einer plötzlichen, einer geschwindern und auch einer nachtheiligen Bewegung des Embolus seyn.

Eben so kann, wenn die Arbeit der Dampfmaschine darin besteht, Luft in Oefen zu blasen ꝛc., ein ähnliches Mittel zur Steuerung des Drosselventils angewendet werden; denn, wenn ein kleiner Cylinder, wie der eben erwähnte, mit dem Windkessel des Ge-

bläses kommunicirt, so wird auch der Embolus durch die größere oder geringere Zusammenpressung der Luft oder des Windes gleichfalls mehr oder weniger auf- und niedergetrieben werden.

Diese beiden, seit langer Zeit bekannten Mittel können hinsichtlich ihrer Einrichtung Modificationen erfahren. In andern Fällen kann eine andere Art von Wirkung zum Auffinden anderer Mittel Veranlassung geben, nämlich das Drosselventil in Folge des vermehrten oder verminderten Effects zu steuern. Diese Steuerung kann ebenfalls durch die Maschine bewerkstelligt werden, ohne daß auf die Art des Effects Rücksicht genommen wird, und unter den ausgesonnenen Mitteln kann das nachfolgende einige Empfehlung verdienen.

Mit dem Balancier oder mit der Dampfkolbenstange verbinde man die Stange einer kleinen Druck- oder Saugpumpe, welche das Wasser in ein großes Sammelgefäß ausschüttet. Aus einer der Seitenwände (oder aus dem Boden) dieses Sammelgefäßes tritt eine Ausgußröhre hervor, welche mit einem Hahn oder einer Schublade versehen ist. Wenn nun das Wasser bis zu einer gewissen bestimmten Höhe über der Mündung der Ausgußröhre steht, so kann deren Oeffnung mit dem Hahn oder Schubladenventile so regulirt werden, daß die Quantität des ausströmenden Wassers derjenigen ganz gleich ist, welche in derselben Zeit durch die Pumpe gefördert wird, und daß also der Wasserspiegel sich immer auf gleicher Höhe erhält. Wird jedoch bei zunehmender Geschwindigkeit des Dampfkolbens in derselben Zeit mehr Wasser gehoben, so wird das Wasserniveau sogleich steigen. Mit demselben steht auch die Bewegung eines vorhandenen Schwimmers in Verbindung, der wiederum mit dem Drosselventil in Verbindung steht,

so daß das Steigen oder Fallen dieses Schwimmers zur Regulirung des Ganges der Maschine ausreichend ist.

Keins der bis jetzt beschriebenen Mittel verdient an und für sich den Vorzug vor dem konischen Pendel, weil, — wegen Reibungen, veränderlichen Widerstand oder Schwierigkeit, die Wirkung der Maschine zu reguliren, — der Grad ihrer Empfindlichkeit und das Vertrauen auf die nöthige Wirkung viel weniger zuverlässig sind, als es beim konischen Pendel der Fall ist.

291. Das Schwungrad. Für die meisten Dampfmaschinen, durch welche eine rotirende und auch eine abwechselnde Bewegung mitgetheilt oder erzeugt wird, ist das Schwungrad ein unentbehrlicher mechanischer Theil. Durch die Bewegung dieses Rades, d. h. durch die Bewegung seiner Masse muß eines Theils die wirkende Kraft in den Augenblicken unterstützt werden, in welchen sie durch einen zu kurzen Hebelarm nicht ausreichend ist, die Welle zu drehen (und das Vermögen dazu ist durch die Kraft selbst in den Augenblicken ihrer vortheilhaftesten Wirkung auf den gedachten Hebelarm übergetragen oder aufgehäuft). Andern Theils dient das Rad dazu, um Abwechselungen der Bewegung des Dampfkolbens ununterbrochen zu erhalten und um die rotirende Bewegung oder auch eine abwechselnde Bewegung ziemlich regelmäßig zu machen; denn eine vollkommen regelmäßige Bewegung (in einem mathematischen Sinn) kann um deßwillen nicht erreicht werden, weil der Gang des Rades in jedem Augenblicke durch die veränderliche Wirkung der Bewegkraft auf die Welle gestört wird. Ueber die eigentliche Anwendung und den wesentlichen Nutzen des Schwungrades ist bereits genug gesagt, sowohl in der vorigen Abtheilung, als in §. II. Art. 270 des

Digitized by Google

vorhergehenden Kapitels, und es bleibt nur noch übrig, die Gründe zu entwickeln und die Regeln zur Bestimmung der Größe und Schwere eines Schwungrads, der Größe der Dampfmaschine und der Art der zu verrichtenden Arbeit entsprechend, an die Hand zu geben. Weil aber mit dieser Bestimmung auch diejenige der Stärke der Theile einigermaasen in Verbindung steht, so paßt sie eher in das folgende oder letzte Kapitel dieser Abtheilung, wohin wir sie auch verweisen wollen.

Uebergewichte und Gegengewichte. Manchmal gewährt die Last einen regelmäßig veränderlichen Widerstand, so daß derselbe beim Hub des Dampfkolbens größer ist, als beim Niedergange desselben. Durch eine gleichmäßige Erschwerung oder Beschwerung des Umfanges des Schwungrades kann man immer bewirken, daß diese Veränderlichkeit des Widerstandes keinen bedeutenden Einfluß auf den regelmäßigen Gang der Dampfmaschine ausübt. Dieses Verfahren ist sogar das einzige, wenn die ebengenannte Veränderlichkeit unregelmäßig, nämlich nur dann und wann auf unbestimmte Zeit besteht, oder wenn der Widerstand sich plötzlich vermehren und vermindern kann, so daß die Rückwirkung ohne das Vorhandenseyn eines kräftigen Schwungrades mit höchst nachtheiligen Stößen verbunden seyn muß. Wenn aber genau bei jedem andern Kolbenlauf, oder auch bei jedem halben Kolbenlauf ein größerer Widerstand überwunden werden muß, so kann der verlangte Effekt dadurch erlangt werden, daß man ein Uebergewicht am Umfange des Schwungrades, oder an einem zweckmäßigen Punkte desselben gut befestigt. Die absolute Schwere dieses Uebergewichtes am Umfange des Schwungrades hängt ab von der Größe des besondern Widerstandes und von dem Raume, durch welchen der Dampfkolben getrieben werden muß,

Digitized by Google

um in eine Stellung zu gelangen, welche für die vortheilhaftere Wirkung der Kraft geeigneter ist; aber die richtige Bestimmung dieser Schwere kann nicht wohl anders, als durch Versuche in jedem besondern Falle geschehen (vergl. z. B. auf Fig. 69 Taf. VII). Solche Uebergewichte sind z. B. häufig erforderlich bei Maschinen von einfacher Wirkung, die zur Erzeugung einer rotirenden Bewegung benutzt werden (Fig. 83 Taf. VIII. und Fig. 441 Taf. XXIV.). Und sie sind unentbehrlich bei atmosphärischen Maschinen und bei Maschinen von einfacher Wirkung, welche ohne Hilfe einer rotirenden Bewegung eine Last bei jedem alternirenden Kolbenlaufe heben, niederdrücken oder auf eine andere Weise verschieben sollen (vergl. Fig. 495 Taf. XXVIII.). In diesem letzten Falle besteht das Uebergewicht aus eisernen Blöcken oder Scheiben, die am andern Ende des Balanciers hängen und schwer genug sind, den Dampfkolben, die Pumpenkolben ꝛc. mit Ueberwindung aller vorhandenen Reibungen in der entgegengesetzten Richtung zu bewegen, und zwar mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher diese Theile durch den Dampfdruck bewegt werden. Solche Uebergewichte können eine sehr beträchtliche Schwere haben; man kann dieselben im voraus, dem Kaliber der Dampfmaschine und der Art der zu verrichtenden Arbeit entsprechend, bestimmen; das richtige Gewicht findet man eben so gut durch Versuche.

Für den sanften und regelmäßigen Gang einer gewöhnlichen Dampfmaschine ist es auch sehr wünschenswerth, daß die bewegten Theile der Maschine selbst soviel wie möglich im Gleichgewichte sich befinden, damit die Dampfkraft beim Hub des Dampfkolbens keinen größern Widerstand finde, als beim Niederdrücken desselben, es müßte denn dieser veränderliche Widerstand keine Folge der Einrichtung der

Dampfmaschine seyn, sondern durch die Last oder durch die Art der Arbeit unvermeidlich erzeugt werden. Für dieses Gleichgewicht nun müssen mehrmals Gegengewichte angewendet werden. Bereits ist im vorigen Kapitel bemerkt worden, daß es vortheilhaft sey, die Kurbel durch eine Scheibe mit excentrischer Warze zu ersetzen, sowohl um größere Stärke, als auch, um ein besseres Gleichgewicht der Theile zu erlangen; jedoch kann dieses Gleichgewicht auch dadurch erlangt werden, daß man ein Gegengewicht mit dem Umfange des Schwungrades, oder mit einem besondern Arme verbindet, welcher der Kurbel gegenüber liegt und an der Welle befestigt ist.

Wird die Bewegung durch einen Balancier fortgepflanzt, so trägt dieser Balancier an der einen Seite den Dampfkolben, dessen Stange, das Parallelogramm, oder die Stangen für die Parallelbewegung und den Luftpumpenkolben mit seiner Stange; an der andern Seite hängen die Kurbelstange und die Stangen der Wasserpumpen. Selten sind diese Theile in gehörigem Gleichgewichte, nämlich das Uebergewicht auf der Seite des Dampfkolbens ist häufig zu groß. Es ist nämlich auf der einen Seite des Dampfkolbens ein Uebergewicht nöthig, weil durch die Anwesenheit der Dampfkolbenstange der Kolben beim Hub dem Dampfe eine größere Oberfläche darbietet, als beim Niedergange. Aber dieses Uebergewicht ist an sich selbst nicht groß und kann beinahe in keine Betrachtung kommen, indem der Widerstand der Kolben der Luft- und Wasserpumpen beim Hub des Dampfkolbens mehr beträgt, als beim Niedergange. Gewöhnlich wird dieser Punkt beim Entwurf und bei der Aufstellung der Dampfmaschinen übersehen, obschon er häufig eine ganz besondere Erwägung verdient. Und es ist nicht schwierig, die Schwere eines nöthigen Gegengewichtes oder Ueberge-

Digitized by Google

wichtes zu berechnen, da man doch die Schwere der besondern Theile ihrer Verbindungspunkte mit dem Balancier und ihre größern oder geringern Widerstände beim Hub und beim Schub des Dampfkolbens kennt, so daß also das größere Gewicht an der Seite des Dampfkolbens, oder das Gegengewicht an der Seite der Kurbelstange leicht gefunden wird.

Findet die Fortpflanzung der Bewegung ohne einen eigentlichen Balancier statt, so ist schon das Gegengewicht der Theile eine schwierigere Sache und manchmal gar nicht anzuwenden. Aus diesem Grunde ist auch die Anwendung dieser Art von Maschinen häufig auf ein kleineres, als ein nur mittelmäßiges Kaliber beschränkt. Ist es jedoch möglich, die beweglichen Theile ohne große Beschwerde zu balanciren, so stelle man das Gleichgewicht durch Gegengewichte her, welche auf besondere kleine Balanciers wirken, oder am Umfange eines Schwungrades und zwar an einem Punkte befestigt sind, welcher zu gleicher Zeit mit dem Dampfkolben niederwärts bewegt wird. Denn obgleich bei einer Vergrößerung der Oberfläche des Kolbens und des Durchmessers der Dampfkolbenstange der Mangel des Gleichgewichtes ersetzt werden kann durch den stärkern Druck des Dampfes gegen die untere Fläche des Dampfkolbens, so ist dieses Mittel doch meistentheils sehr nachtheilig, weil es im Allgemeinen einen größern Dampfverlust verursacht, als zur Ueberwindung der Widerstände der Reibung, welche die Schwere der Gegengewichte erzeugt, erfordert wird.

292. Mittel, den Nutzeffekt einer Dampfmaschine zu messen oder auszumitteln. Um die Wirkung einer Dampfmaschine zu bestimmen, ist schon eine ganz gewöhnliche Rechnung ausreichend. Bedarf man jedoch einer sehr genauen Kenntniß dieses Effektes, so würde es unvorsichtig

Digitized by Google

seyn, sich allein an eine Rechnung zu halten, deren Data zum Theil auf Durchschnittsergebnisse von Beobachtungen oder Erfahrungen gegründet sind; für jede besondere Dampfmaschine können diese Data einen besondern Werth haben.

Um den genauen Effekt einer Dampfmaschine zu erfahren, muß man ausmitteln können: 1) wie groß die absolut wirkende Kraft des Dampfes im Cylinder sey, und 2) wieviel der eigentliche Widerstand der Last beträgt. Die Vergleichung dieser zwei Größen sowohl mit einander, als mit bekannten Erfahrungen und mit dem Ergebniß der gebräuchlichen Berechnung setzt in den Stand, das Maas der verschiedenen, unvermeidlichen Widerstände der Reibung ꝛc. zu beurtheilen, — deshalb auch das mehr oder weniger günstige Verhalten zwischen der absoluten Kraft und dem nützlich verwendeten Theile derselben, — und besonders noch die mehr oder weniger vollkommene Konstruction und Beschaffenheit der Maschine. Manchmal kann der Widerstand der Last durch Messen, Wägen, einfache Versuche und Berechnung sehr genau bestimmt werden. Häufig jedoch ist eine solche Bestimmung schwierig, unsicher oder unthunlich. Alsdann bleibt kein anderes Mittel übrig, als das der unmittelbaren Messung mit Hilfe eines Kraftmessers oder Dynamometers. Man kann dazu verschiedene Kraftmesser anwenden, je nachdem das Kaliber der Maschine größer oder kleiner ist, oder man, wenn durch die Maschine verschiedene andere Maschinen getrieben werden, von einer jeden derselben den Widerstand besonders ausmitteln will. Da es jedoch meistentheils nöthig ist, daß man die Größe des Widerstandes am Umfange der Welle des Schwungrades kennt, so kann man denselben auf das Einfachste und hinlänglich genau bestimmen mittelst einer Bremse, die als Kraftmesser eingerichtet ist, wie

Digitized by Google

dieselbe Theil III. Abth. I. Kap. III. §. IV. ausführlich beschrieben ist.

Um die absolut wirkende Kraft des Dampfes im Cylinder beurtheilen zu können, muß man den mittleren Grad der Dampfspannung vom Anfange bis zum Ende eines Kolbenlaufs, wie auch den Grad der Gegenspannung des condensirten oder abziehenden Dampfes genau zu beobachten im Stande seyn. Durch einen gewöhnlichen Queckſilberdampfmeſſer, verbunden mit dem Dampfrohr an der Dampfkammer, oder auch an der Dampfkammer, am Mantel des Cylinders ꝛc. befeſtigt, erfährt man blos den Grad der Dampfſpannung am Einſtrömungspunkte, d. h. an den Dampföffnungen. Dieſe Spannung kann der Dampf nicht fortdauernd im Cylinder haben, und die geringere oder größere Differenz hängt ab von der mehr oder weniger genauen Konſtruction und Wirkung der Dampfſchubladen, Dampfventile ꝛc., von dem mehr oder weniger behinderten Einſtreichen des Dampfes durch die Dampföffnungen, wie auch von dem mehr oder weniger vollkommenen Schluß des Dampfkolbens. Eben ſo zeigt der Dampfmeſſer des Condenſators nur den Grad des im Condenſator vorhandenen Drucks an; aber dieſer iſt nicht das Maas des Gegendrucks, den der benutzte Dampf in den nachfolgenden Augenblicken ſeines Ausfließens ausübt. Mit einem Wort, um die mehr oder weniger veränderliche Wirkung des Dampfes im Cylinder ausmitteln oder wahrnehmen zu können, muß das Inſtrument, deſſen man ſich bedienen will, an dem obern oder untern Ende des Cylinders angebracht ſeyn und mit dem Innern deſſelben communiciren.

Ein gewöhnlicher Dampfmeſſer, aus Glas verfertigt und von hinlänglicher Länge oder Höhe, um das Ausfließen oder die Austreibung des Queckſilbers zu verhindern, muß wegen der großen und un-

Digitized by Google

gleichmäßigen Schwankung der Queckſilberſäule unſichere Anzeigen geben und mangelhaft dem Zweck entſprechen. Beſſer wäre eine Barometerröhre mit dem offenen, aufwärts gebogenen unteren Ende, in eine horizontale Röhre gefaßt, welche mit einem Hahnſtück verſehen und in den Deckel oder in den Boden des Cylinders geſchraubt iſt, ſo daß ſie mit dem Innern deſſelben communicirt. Bis zu einer gewiſſen Höhe iſt die Röhre mit einer gefärbten Flüſſigkeit oder lieber mit Queckſilber gefüllt; von der Oberfläche des Queckſilbers bis zum verſchloſſenen obern Ende der Röhre enthält ſie atmoſphäriſche Luft. Oeffnet man den Hahn der kleinen Querröhre, ſo communicirt die Glasröhre mit dem Cylinder; iſt nun die Dampfſpannung größer, als diejenige der Luft im obern Theile der Röhre, ſo wird das Queckſilber in dem aufſteigenden Schenkel emporgetrieben; im entgegengeſetzten Falle wird es niedergedrückt werden; die Quantitäten oder Extenſionen der Bewegung können auf einer angebrachten Scale abgeleſen werden, und ſo erhält man die Data für eine einfache Berechnung, durch welche die Grade der Spannung des einſtreichenden, oder des abziehenden Dampfes in jedem beobachteten Augenblicke der Kolbenbewegung bekannt werden, um aus denſelben die mittlern Grade der Spannung und Gegenſpannung abzuleiten.

Dieſes Inſtrument iſt von Robiſon. Die Anwendung deſſelben iſt ſchwierig und für die Ergebniſſe viel weniger ſicher als ein anderes von James Watt angegebenes, welches er Indicator genannt hat. Daſſelbe beſteht aus einem kleinen Metallcylinder, welcher oben offen iſt und unten durch ein Röhrchen mit Hahnſtück mit dem obern oder untern Theile des Treibcylinders communicirt. Dieſer kleine Cylinder iſt höchſt genau gebohrt, beſitzt einen Durchmeſſer von ungefähr vier niederländiſchen Zollen und

Digitized by Google

eine Länge von zwei niederländischen Palmen. In demselben bewegt sich mit sanfter Reibung ein metallener Embolus, und des dampfdichten Schlusses halber wird die Oberfläche des Embolus mit Oel bedeckt. Die kleine Stange oder Spindel dieses Embolus läuft außerhalb des kleinen Cylinders durch ein festes Auge. Zwischen diesem Auge und der Oberfläche des Embolus ist die Stange oder Spindel mit einer doppelten Spiralfeder (einer linken und einer rechten) umgeben. Wenn diese Feder sich ohne alle Spannung befindet, und sowohl über, als unter dem Kolben Luft vorhanden ist, so hat der Embolus nur einen Abstand von $2\frac{1}{2}$ niederländischen Zollen vom Boden des kleinen Cylinders. Befindet sich unter dem Embolus keine Luft, sondern Dampf, welcher durch Condensation verdünnt ist, so erfährt die obere Fläche einen größern Druck von der atmosphärischen Luft, als die untere Fläche von dem verdünnten Dampf; folglich wird der Embolus niedergedrückt und allein durch die (nun ausgespannte) Feder verhindert werden, den Boden des kleinen Cylinders zu berühren. Dagegen wird der Embolus emporgetrieben werden, wenn der Dampfdruck das Uebergewicht hat über den atmosphärischen Druck, und die (nun zusammengedrückte) Feder wird verhindern, daß der Embolus ganz ausgetrieben werde.

Auf diese Weise werden die größern oder geringern Spannungen des Dampfes, welcher in den Treibcylinder einstreicht, oder aus demselben abzieht, und in demselben wirkt oder entgegenwirkt, durch das verhältnißmäßige Steigen oder Sinken des Embolus des Indicators angezeigt werden. Und um bei diesen Anzeigen zugleich die entsprechenden richtigen Grade des Dampfdruckes zu kennen (um aus denselben die mittlern Grade des Druckes und Gegendruckes zu erfahren), wird die Scale, auf welche die

Digitized by Google

verlängerte Spindel des Embolus zeigt, mittelst einer Luftpumpe vertheilt. Der kleine Cylinder des Indicators wird nämlich in Communication mit einer Luftpumpe gebracht, welche sowohl zum Auspumpen, als zum Zusammendrücken der Luft eingerichtet ist, während die Grade der Verdünnung und der Zusammendrückung der Luft aus dem Stande der Quecksilbersäule einer Barometerröhre sich ergeben, so daß, diesen verschiedenen Ständen entsprechend, diejenigen des Embolus des Indicators auf der Scale bemerkt werden können mit Hinzufügung der Quantität des Druckes auf den Quadratzoll, welche bei diesen Ständen vorhanden seyn muß.

Man hat die Einrichtung des Indicators dadurch verbessert, daß man statt der Scale ein viereckiges Bretchen von etwa 16 Zoll ins Quadrat in einem festen Rahmen von 16 Zoll Höhe und 4 oder 5 Palmen Länge angebracht hat, welches zwischen Ruthen hin- und hergeschoben werden kann. An jedem der beiden vertikalen Ränder dieses Bretchens ist eine Schnur befestigt. Die eine Schnur ist über ein Leitscheibchen geschlagen und wird gespannt gehalten durch ein niederhängendes Gewicht. Die andere Schnur ist nebst den nöthigen Leitscheiben an einem Punkte des Balanciers befestigt, welcher beim Auf- und Niedergange durch einen Raum von 22 bis 32 niederländischen Zollen bewegt wird. Hierdurch wird das Zeigerbretchen durch den Balancier fortgezogen, wenn der Dampfkolben emporsteigt, und durch das Gewicht, welches an der erstgenannten Schnur hängt, wird es wieder zurückgezogen, wenn wenn der Kolben niedergeht. Spannt man deshalb auf das Bretchen ein Papier und befestigt man an der Spindel des Embolus des Indicators eine Hülse, die einen Bleistift trägt, der durch eine Feder schwach gegen das Papier angedrückt wird, so liegt es auf

Digitized by Google

der Hand, daß die Bewegung des Embolus des Indicators durch den Bleistift bemerkt werden muß und zwar für alle verschiedenen kleinen Zeitpunkte der Bewegung des Dampfkolbens, weil das Zeigerbretchen jedesmal einen andern Stand hat, welcher mit den verschiedenen Ständen des Dampfkolbens übereinstimmt.

In dem Augenblicke, wo der Dampf in den Cylinder streicht, wird der Embolus des Indicators emporgetrieben; zieht der Dampf ab, so wird dieser Embolus durch den Druck der Luft auf seine Oberfläche niedergedrückt; während der niedersteigenden Bewegung des Dampfkolbens wird das Bretchen z. B. von rechts nach links geschoben; während der aufsteigenden Bewegung erfolgt diese Verschiebung nach rechts. Wenn nun der Dampf vom Anfang bis zum Ende des Kolbenlaufes ununterbrochen regelmäßig einstreichen und seinen gleichmäßigen Druck ausüben konnte, und wenn ferner der Ausfluß des Dampfes auf einmal statt hatte, so müßte die Figur, die der Bleistift auf das Zeigerbretchen gezeichnet hat, sehr wenig von einem Rechteck oder Parallelogramm abweichen. Aber es wird auf das Bretchen eher eine in sich selbst zurückkehrende oder geschlossene krumme Linie gezeichnet. Die vertikalen Linien, welche zwischen den Umfang dieser krummen Linie gezogen sind, drücken die verhältnißmäßigen Grade des Dampfdrucks aus, in wiefern er durch den Gegendruck geschwächt ist; wenn man also den Inhalt der krummen Linie bestimmt und denselben mit dem Inhalte des ebengenannten Parallelogrammes vergleicht, so kann aus dieser Vergleichung das Verhältniß zwischen dem bestehenden und dem größten nützlichen Drucke gefunden werden. Aus diesem Verhältniß leitet man endlich den mittlern Druck ab, um mit Hilfe desselben die wahre Quantität der Wirkung,

Digitized by Google

welche die Dampfkraft ausgeübt hat, beurtheilen zu können. Bei Maschinen von mittlerem und hohen Druck kann der Indicator ebenfalls benutzt werden, wenn man den Embolus mit etwas Gewicht belastet und die Extension seines Laufes vergrößert.

Zur Erforschung des Effektes einer Dampfmaschine gehört auch die Beobachtung der Zahl der Kolbenspiele des Dampfkolbens in einem bestimmten Zeitraum, und zwar eine solche Beobachtung, die ohne besondere Aufmerksamkeit geschehen kann; denn es würde doch unthunlich seyn, eine solche Beobachtung mit der Uhr in der Hand mehrmals oder ununterbrochen auszuführen, sobald es nämlich erforderlich wäre, daß man vom Gange der Maschine fortwährend eine genaue Kenntniß haben müßte. Es gibt deshalb mechanische Mittel, welche für diesen Zweck angewendet werden müssen, und man kann dieselben auf vielerlei Weise einrichten.

Für Dampfmaschinen, deren Kolbenstange mit einem Balancier verbunden ist, kann der Zähler demjenigen ähnlich seyn, welchen Watt mehrmals angewendet hat. Derselbe besteht nämlich aus einer Zusammensetzung von in einander eingreifenden Rädern und Getrieben, die auf verschiedene, unter einander und neben einander liegende kleine Wellen aufgezogen sind und langsam durch die Bewegung eines Pendels getrieben werden, der auf eine Art von Steigrad wirkt, so daß bei jeder doppelten Schwingung der Umfang dieses Rades durch die Extension eines Zahnes fortbewegt wird. Hat das Steigrad zehn Zähne, so wird es in der Zeit von zehn doppelten Schwingungen einmal umgeführt. Die Welle dieses Steigrades soll mit einem Getriebe versehen seyn, welches z. B. sechs Zähne besitzt, die auf ein Rad von $10 \times 6 = 60$ Zähnen wirken, so kann dieses Rad nur einen einzigen Umgang machen, in der Zeit, wo

das Pendel $10 \times 10 = 100$ Mal hin- und herbewegt wird. Zieht man auf die Welle dieses ersten Rades ein zweites Getriebe von 6 Zähnen, welches in ein zweites Rad von 60 Zähnen eingreift, so wird ein Umgang der Welle dieses zweiten Rades 1000 Pendelschwingungen entsprechen. Für eine Zusammensetzung von 3, 4, 5 und 6 Getriebe und Räder werden diese Zahlen 10000, 100000, 1000000, 10000000 ꝛc. Damit nun das Pendel fortdauernd hin- und herbewegt werde und damit diese Bewegung gleichzeitig mit derjenigen des Dampfkolbens abwechsle, so wird die Kammer, in welcher die Wellen der auf einander wirkenden Räder und Getriebe ꝛc. befestigt sind, an einem der Arme des Balanciers, oder lieber an dem verlängerten Bolzen des Balanciers angebracht; alsdann muß diese Kammer an der abwechselnden Bewegung des Balanciers oder des verlängerten Bolzen desselben Theil nehmen, und wenn das Pendel hinlänglich beschwert ist, um fortwährend in der vertikalen Richtung hängen zu bleiben, oder um immer bis auf diese Richtung nieder zu sinken, so wird der Zweck erreicht, als ob die Wellen und Räder gar nicht verschoben worden, sondern allein das Pendel bewegt worden sey.

Die Wellen der verschiedenen Räder sind außerhalb der Kammer der Maschine verlängert und jede trägt einen Zeiger, während auf diesen Wellen zehntheilige Zifferblätter aufgezogen und an der Wand der Kammer befestigt sind. Werden nun alle Zeiger beim Anfange der Bewegung auf Null gestellt, so kann man nach einiger Zeit aus dem Stande derselben sogleich erfahren, wie viele Kolbenspiele vollendet worden sind, wenn vom Weiser des ersten Rades die Zehner, von dem des zweiten Rades die Hunderter ꝛc. angegeben werden. Rechnet man im Durchschnitt 30 Kolbenspiele auf die Minute,

12 Arbeitsstunden auf den Tag und $5\frac{1}{2}$ Arbeitstage auf die Woche, so werden, um die Zahlen der Kolbenspiele während eines ganzen Jahres anzuzeigen, nur 6 Räder und Getriebe erfordert, ohne nämlich die Zeiger zu versetzen; denn für das Zählen der Kolbenspiele auf einen Tag sind vier Räder und Getriebe erforderlich, sobald jedesmal bei dem Anlassen der Maschine die Zeiger auf Null gestellt werden.

Die Zählvorrichtung kann auch so eingerichtet werden, daß jede bestimmte Zahl von Kolbenspielen durch eine Glocke angekündigt, oder mit einem Bleistift auf einem Bretchen bemerkt wird, wo alsdann die Zifferblätter unnöthig werden. Ferner kann die Bewegung des Pendels auch auf andere Weise, entweder durch die Bewegung des Balanciers, oder durch diejenige der Kolbenstange erzeugt werden. Und es wird endlich nur der Erwähnung und keiner ausführlichen Erläuterung bedürfen, daß die Bewegung der Räder der Zählvorrichtung, ohne Dazwischenkunft eines Pendels, von der Bewegung der Welle, oder von derjenigen einer andern Welle der Maschine abgeleitet werden könne, — daß die Zählvorrichtung mit dem Schwungrade verbunden seyn könne, so daß durch seinen Umlauf mit dem Schwungrade die erste Welle jedesmal um $\frac{1}{10}$ gedreht wird, — und daß die ganze Einrichtung, besondern Zwecken und Umständen entsprechend, und nach der Einrichtung anderer Arten von Zählvorrichtungen modificirt werden könne.

Digitized by Google

Achtes Kapitel.

Ueber die Stärke der Theile und ganz besonders der in Bewegung befindlichen Theile der Dampfmaschinen.

293. Die Theile einer Dampfmaschine, welche sich stets in Bewegung befinden, mögen sie nun dazu dienen, die Bewegung mitzutheilen, oder mitgetheilt zu erhalten, sind im Allgemeinen Stangen, Bänder, Balanciers, Querhäupter, Hebel, Kniestücke, Kurbeln, Spindeln, Wellen, Zahnräder, Scheiben, Räder ꝛc. Die Theile, welche die Stützpunkte oder Drehungspunkte tragen, oder welche zur Unterstützung und Befestigung dienen, sind: Schwellen, Plattformen, Säulen, Pfeiler, Stühle, Platten, Grundanker oder Stangen ꝛc. Meistens sind diese Theile von Gußeisen, Schmiedeeisen, verstähltem Eisen, und in einzelnen Fällen sind manche Theile von Eichenholz. Die Grundsätze zur Bestimmung der Stärke der Materialien, welche in der III. Abth. des I. Theiles entwickelt sind, und die dazu an die Hand gegebenen Regeln können hier zur Bestimmung der Dimensionen, oder der Stärke der eben genannten Theile benutzt werden. Jedoch muß diese Anwendung mit Urtheil geschehen, weil z. B. das Uebermaas der Stärke, welches ein Theil der bewegt wird, oder sich bewegende Theile trägt, nothwendig haben muß, nicht immer dasselbe seyn kann, sondern verschiedenen Umständen der Oertlichkeit, des Effektes und der Einrichtung entsprechend, verschieden bestimmt werden muß.

Meistentheils bedürfen die sich bewegenden Theile einer Maschine ein großes Uebermaas der Stärke, da

Digitized by Google

entweder die Richtung der Bewegung beständig abwechselt (wie z. B. die Bewegung des Balanciers der Dampfkolbenstange ꝛc.), oder die Kraft in den folgenden Augenblicken der Bewegung entweder mit einem veränderlichen Moment, oder mit einem veränderlichen Hebelarm wirksam ist. Hierdurch kann man die Bewegung der auf einander wirkenden Theile sich so denken, daß sie eher stattfinden durch die Wirkung eines mehr oder weniger sanften Stoßes, als daß die Folge eines Druckes sind. Es ist jedoch schwierig, in dieser Hinsicht den ganzen Nutzeffekt, so wie er wirklich stattfindet, gehörig in Rechnung zu bringen. Denn nimmt man an, daß die Mittheilung der Bewegung abwechselnd mit sanften Stößen erfolgt, so können die Formeln, welche auf diese Ansicht gegründet und im Art. 166 und 169 des ersten Theiles entwickelt sind, nicht sogleich angewendet werden, weil die Mittheilung der Bewegung weder plötzlich, noch mit eigentlichen Stößen stattfindet, und die Dimension, oder lieber die Schwere vieler Theile würde nach diesem Grundsatz, ohne nöthige Beschränkung, meistentheils übermäßig werden. Allein wenn nach der Art und Weise der Wirkung plötzliche Gegenwirkung oder kräftige Stöße stattfinden können oder müssen, so wird die Anwendung der so eben gedachten Formeln mehr an ihrem Platze seyn.

Aber die Stärke der Theile wird auch ausreichend, wenn man dieselbe, dem Tragvermögen entsprechend, in der Voraussetzung bestimmt, als ob diese Theile gar nicht bewegt würden, sobald nur das Uebermaas der Stärke größer ist, als diejenige, welche man blos annehmen muß, damit die natürliche Federkraft des Stoffes der genannten Theile nicht geschwächt werde. Dieses Uebermaas oder auch diese Quantität der Stärke muß nach der Erfahrung, nach den Umständen, nach dem Dienst und nach der Art der Bewegung der

Digitized by Google

betreffenden Theile ꝛc. regulirt werden. In vielen Fällen wird sie jedoch ausreichend seyn, wenn man voraussetzt, daß der Druck, welcher ausgeübt oder fortgepflanzt wird, zwei bis drei Mal größer sey, — oder wenn die Biegung der Stücke weniger als die Hälfte von derjenigen Biegung beträgt, welche ohne Verminderung der Federkraft (oder bei dem sogenannten gefahrlosen Tragvermögen) stattfinden kann, — oder endlich auch, wenn der ausgeübte Druck als ein Gewicht wirkt, das, nachdem es an irgend einen Theil angehangen war, plötzlich losgelassen wird; denn in diesem letzten Falle kann die Wirkung mit derjenigen eines sanften Stoßes verglichen werden, und man beweißt, daß alsdann der gedachte Maschinentheil ein doppeltes Tragvermögen besitzen müsse, um eben sowohl zureichend zu seyn gegen die Wirkung, als gegen einen Druck, welcher anhaltend durch dasselbe Gewicht verursacht wird.

Dasselbe gilt auch hinsichtlich der festen oder tragenden und unterstützenden Theile von Dampfmaschinen, weil sie, ungeachtet sie selbst nicht bewegt werden, gleichwohl den Eindrücken der bewegenden Theile den erforderlichen Widerstand müssen bieten können. Sie bedürfen wenigstens eine doppelte und manchmal mehr als dreifache Stärke. Bringt man jedoch dieses Uebermaas in Rechnung, so verursacht die Bestimmung der Dimensionen der genannten Theile in Breite und Dicke keine Schwierigkeit; denn dazu dienen alsdann die Formeln, welche in der III. Abth. des I. Theiles für die Stärke tragender oder ruhender Stücke von verschiedener Form angegeben worden sind.

Digitized by Google

§. I.

Ueber die Stärke der Stangen, welche zur Fortpflanzung oder Mittheilung der Bewegung dienen.

294. Dampfkolbenstangen. Für die Bestimmung der Dicke von Dampfkolbenstangen unterscheide man zwei Fälle. Erstens wenn die Stange nur gezogen wird in der Richtung ihrer Länge, wie es der Fall ist bei einer Maschine von einfacher Wirkung, wenn die niedersteigende Bewegung des Dampfkolbens eine Folge des Dampfdruckes ist. Zweitens wenn die Stange gezogen und geschubt wird, oder wenn sie blos emporgeschubt wird, was bei den Maschinen von doppelter Wirkung eintritt und auch bei Maschinen von einfacher Wirkung und von mittlerem Druck geschehen kann, wenn der Kolben aufwärts durch den Dampfdruck und niederwärts durch den Druck der atmosphärischen Luft und durch die Wirkung von Uebergewichten bewegt wird.

A. Wenn der Dampf bei der niedersteigenden Bewegung des Kolbens allein wirkt, wird die Kolbenstange gezogen durch ein Gewicht, welches dem Dampfdruck auf den Kolben sammt der Schwere des Kolbens und der Stange desselben gleich ist. Setzt man nun die Dicke der Stange in niederländischen Zollen $= d$; den Durchmesser des Treibcylinders $= D$ niederländische Zolle; den Dampfdruck auf den Quadratzoll, so wie er im Kessel besteht $= p$ niederländische Pfunde; und das Gewicht, welches der Stoff, aus dem die Stange besteht, sicher auf den niederländischen Quadratzoll tragen kann $= k$ niederländische Pfunde, so hat man die Formel

$$d = 2D\sqrt{\frac{2p}{k}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Nach Art. 163 der III. Abth. des I. Theiles

wird das sichere Tragvermögen einer Stange ausgedrückt durch die Formel

$$0{,}7854 \cdot \frac{k\,d^2}{4}.$$

Der Dampfdruck auf den Kolben ist $0{,}7854\ D^2 \cdot p$. Eigentlich ist dieser Druck geringer und zwar 1) weil der Dampfdruck im Cylinder geringer ist als im Kessel; 2) weil an der andern Seite des Kolbens Gegendruck vorhanden ist; 3) weil die Kolbenoberfläche um die Durchschnittsfläche der Kolbenstange vermindert wird. Diese Verminderung bringe man jedoch nicht in Rechnung, weil die Schwere des Kolbens und der Stange gleichfalls unberücksichtigt bleiben. Nimmt man nun von dem oben erwähnten Druck das Doppelte (Art. 293), damit die Stange ein reichliches Uebermaas der Stärke gegen Reibung, Abnutzung und seitliche Verschiebung habe, so entsteht die Gleichung

$$0{,}7854\,\frac{k\,d^2}{4} = 0{,}7854\ D^2 \cdot 2 \cdot p,$$

oder $$\frac{k\,d^2}{4} = 2\,D^2\,p;$$

woraus $$d^2 = 4\ D^2 \cdot \frac{2\,p}{k}$$

und $$d = 2\,D\sqrt{\frac{2\,p}{k}}.$$

Für Schmiedeeisen ist $k = 1600$, weshalb

$$d = \tfrac{1}{20}\ D\sqrt{2\,p}.$$

Uebt nun der Dampf einen niedern Druck aus von 1,3 niederländischen Pfunden auf den Quadratzoll, so wird

$$d = \tfrac{1}{20}\ D\sqrt{2{,}6} = \frac{1{,}612}{20}\,D = \tfrac{1}{12}\ D \text{ bis } \tfrac{1}{13}\ D.$$

Für verstähltes Eisen kann man annehmen

$k = 2000$, und in derselben Voraussetzung findet man alsdann

$$d = \frac{0{,}72}{10} D = \frac{1}{14} D.$$

Im ersten Falle wird die Oberfläche des Durchschnittes der Dampfkolbenstange etwa $\frac{1}{150}$ der Oberfläche des Dampfkolbens; und wenn die Stange verstählt ist, so braucht der Inhalt ihres Durchschnittes nicht über $\frac{1}{200}$ der Oberfläche des Dampfkolbens zu gehen.

Wirkte der Dampf mit einem Druck von $2\frac{1}{2}$ Atmosphären, um späterhin bei der aufsteigenden Bewegung des Kolbens condensirt zu werden, so müßte die Dicke einer eisernen Stange und diejenige einer verstählten Stange auf $\frac{1}{10}$ des Durchmessers des Dampfcylinders bestimmt werden.

B. Wenn die Stange in der Richtung ihrer Länge nicht allein gezogen, sondern auch gedrückt oder geschubt wird, so bedarf sie einer viel größern Stärke, weil alsdann auch ihre Länge mit in Betrachtung kommt. Man hat nämlich, wenn l die Länge in niederländischen Zollen bezeichnet, d, D, p und k dieselben Werthe bezeichnen, wie oben, und u den Grad der Ausdehnung, welche der Stoff der Stange erfahren kann, ohne daß die natürliche Federkraft vermindert wird:

$$d = 2{,}273 \sqrt[4]{\frac{D^2 l^2 u p}{k}} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Das Tragvermögen runder Stangen ist im Art. 162 des I. Theiles angegeben

$$= \frac{k d^4}{17 l^2 u}.$$

Für das vertikale Tragen wird eine Stange, deren Dicke nach dieser Formel berechnet ist, eine mehr als hinlängliche Stärke besitzen. Wird sie jedoch

unaufhörlich bewegt und zwar in abwechselnden Richtungen mit geringen Abweichungen von der vertikalen Richtung, so daß die Bewegung etwas zitternd ist, so ist eine doppelte Stärke nicht übermäßig. Deshalb kann man annehmen

$$0{,}7854 \cdot D^2 p = \frac{k\, d^4}{34 l^2 u},$$

und aus dieser Gleichung wird durch die Auflösung von d die gegebene Formel gefunden werden.

Um diese Formel anzuwenden, muß die Länge der Stange gegeben seyn, und diese kann in jedem besondern Falle differiren. Selten jedoch ist die Dampfkolbenstange länger, als das Dreifache des Durchmessers des Treibcylinders, und nehmen wir dieses Maas als das größte an, so bekommt man für Schmiedeeisen und für niedern Dampfdruck: $k = 1600$; $u = 0{,}000714$; $l = 3D$ und $l^2 = 9D^2$; $p = 1{,}3$; deshalb ist

$$d = 2{,}273\, D \sqrt[4]{\frac{9 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}000714}{1600}} = 0{,}109\, D.$$

Gewöhnlich rechnet man die Dicke der Dampfkolbenstange $= \frac{1}{10}$ des Cylinderdurchmessers, und dieses Maas kann man für alle Grade des niederen Dampfdruckes (von $p = 1$ bis $p = 2$), sowohl für eiserne, als für verstählte Stangen annehmen.

Für höhern Dampfdruck rechne man den Ueberdruck über den atmosphärischen, d. h. den Druck, mit welchem die Sicherheitsventile auf den niederländischen Quadratzoll belastet sind. Man wird z. B. für Dampf von 4 Atmosphären Ueberdruck finden

$$d = 0{,}14\, D = \tfrac{1}{8} D \text{ bis } \tfrac{1}{7} D.$$

Diese Ergebnisse können ebenfalls nur als Durchschnittswerthe betrachtet werden; sobald jedoch die Länge anders ist und besonders, wenn sie in irgend einem Falle mehr beträgt, als das Dreifache

Digitized by Google

des Cylinderdurchmessers, so wird man auch eine andere Dicke erhalten. In einem solchen Falle muß die Dicke d durch die Formel (2) besonders berechnet werden. Diese Berechnung wird immer vereinfacht, wenn die Länge l ausgedrückt wird durch ein gewisses Multiplum des Cylinderdurchmessers D; es sey deshalb des Verhältniß von D zu $l = n$, oder $l = n\,D$, und besteht der Stoff aus gehärtetem Eisen, so erhält man die einfachere Formel

$$d = 0{,}0586.\ D \sqrt[4]{n^2\,p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Diese Formel ist auch ganz und gar anwendbar, wenn der Dampf in zwei mit einander communicirenden Cylindern wirkt, mögen nun die beiden Dampfkolben einen gleichen oder einen ungleichen Lauf haben; aber für jeden der beiden Cylinder hat D einen andern Werth.

Wenn die Dampfkolbenstange auf eine besondere Weise geleitet wird, so daß sie von der Richtung der Bewegung absolut nicht abweichen kann, so wird eine geringere Dicke als die berechnete ausreichend seyn können. Sollte im Gegentheil die Leitung von der Art seyn, daß das Streben nach Abweichung nur auf Kosten des Seitendruckes auf die Stange verhindert wird, so kann auch eine Erschwerung der letztern sich nothwendig machen. Und wenn die Möglichkeit vorhanden seyn kann, daß der Dampf mit erhöhtem Drucke wirken muß (wie es z. B. auf Dampfschiffen der Fall seyn kann), so muß auch die Kolbenstange ein reichlicheres Uebermaas der Stärke besitzen.

295. Pumpenstangen. Zu diesen Stangen gehören die Stange des Luftpumpenkolbens, so wie die Kolbenstangen der Kalt- und Warmwasserpumpen.

A. Stange des Luftpumpenkolbens. Wenn die Bewegung des Dampfkolbens durch einen

Digitized by Google

Balancier fortgepflanzt wird, so hängt die Kolbenstange der Luftpumpe mit oder ohne Dazwischenkunft von Stangen eines Parallelogrammes an irgend einem Punkte dieses oder jenes Armes des Balanciers, und meistens ist die Luftpumpe so viel tiefer gestellt als der Cylinder, daß der Deckel der Luftpumpe und der Boden des Fußstückes des Cylinders beinahe in derselben horizontalen Ebene liegen. Manchmal ist dieser Stand noch tiefer, wenn die Luftpumpe mit dem Condensator in einer unterirdischen Cysterne stehen. Die Länge der Stange des Luftpumpenkolbens kann dem Sechsfachen bis Zwölffachen des Pumpendurchmessers gleich seyn.

Der Druck auf den Luftpumpenkolben ist nicht stäte während des ganzen Kolbenlaufes; aber zur Bestimmung der Dicke der Stange muß der größte Druck angenommen werden, und dieser ist (nach Art. 244) höchstens 2 niederländische Unzen auf den Quadratzoll, während der Kolben niedergeschubt wird, und 14 Unzen auf den Quadratzoll in den letzten Augenblicken der aufsteigenden Bewegung.

Nimmt man also in Formel (1) für D' den Durchmesser der Luftpumpe, — für k 1600, — und für p 1,4, so findet man

$$d' = 2\,D'\sqrt{\frac{2{,}8}{1600}} = \tfrac{1}{10}\,D'\sqrt{0{,}7} = \tfrac{1}{12}\,D'.$$

Eine Dicke von $\frac{1}{12}$ Durchmesser der Luftpumpe wird deshalb ausreichend seyn, wenn allein beim Aufziehen des Kolbens Druck erfahren wird und die Bewegung der Stange von der vertikalen Richtung nicht abweichen kann. Aber wenn der Kolben niedergeschubt wird und ein Druck von 2 Unzen auf den Quadratzoll überwunden werden muß, so kommt die Länge der Stange in Betrachtung. Es sey diese

Digitized by Google

Länge z. B. dem neunfachen Durchmesser D' gleich, so ist nach Formel (3)

$$d = 0{,}0586\ D' \sqrt[4]{9^2 \cdot 0{,}2} = 1172\ D',$$

was beinahe $\frac{1}{5}$ des Luftpumpendurchmessers beträgt.

Für $n = 12$ wird gefunden werden $d' = \frac{1}{8} D'$; für $n = 3$ $d' = \frac{1}{14} D'$, aber da bei dem Emporziehen des Kolbens die Länge der Stange weniger in Betrachtung kommt und die Dicke alsdann $= \frac{1}{12}$ des Luftpumpendurchmessers seyn muß, so werden die Grenzen der kleinsten und größten Dicke $\frac{1}{12} D'$ und $\frac{1}{8} D'$.

Die Kolbenstange der Luftpumpe muß sauber cylindrisch abgedreht seyn, in sofern sie durch die Stopfbüchse des Deckels geht, aber die obere und größte Hälfte braucht weder rund, noch von gleicher Dicke zu seyn. Darum kann diese Stange *erstens* aus zwei Stücken bestehen, von denen das unterste rund abgedreht wird. Dasselbe wird mit einer Büchse oder Hülse und einem Querbolzen an das obere Ende geschlossen (siehe Fig. 29, 31, 491, 492, 495). *Zweitens* kann nun der untere Theil betrachtet werden als eine besondere Stange, auf welche der obere Theil wirkt, und die Dicke des untern Endes wird deshalb *in jedem Falle* ausreichend seyn, wenn sie $= \frac{1}{10}$ des Luftpumpendurchmessers ist. *Drittens* kann dem obern Theile der Stange eine größere Dicke gegeben werden, damit bei der großen Länge der Stange keine Biegung oder ein nachtheiliges Zittern stattfinde. Endlich kann derselbe obere Theil aus Gußeisen bestehen, während der Durchschnitt nicht allein rund, sondern auch viereckig, rechtwinklig, kreuzförmig ꝛc. seyn kann (man vergleiche z. B. die Kolbenstange bei **OP** (Fig. 494; der untere Theil **PQ** ist jedoch rund und von geschmiedetem oder gewalztem Eisen).

Digitized by Google

Ist der obere Theil der Stange rund und von Schmiedeeisen, so bestimme man die Dicke durch die Formel (3), wie so eben angegeben worden. In der Mitte lasse man jedoch die Dicke anwachsen oder anschwellen, wenn die Länge ansehnlich ist, so daß diese Dicke in der Mitte $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{5}$ größer ist, als die Dicke an den beiden Enden.

Ist der obere Theil der Stange rund und von Gußeisen, so wird die Formel (2), nachdem man in derselben für k 1070 und für u 0,00083 gesetzt hat

$$d' = 0{,}068\ D' \sqrt[4]{n^2\ p} \quad . \quad . \quad (4).$$

Auch in diesem Falle kann die Mitte der Stange an Dicke anwachsen bis $1\frac{1}{7}$ oder $1\frac{1}{5}$ der Dicke an den Enden; oder man kann um die Mitte und in gleichen Entfernungen Bänder gießen.

Ist die Stange von Gußeisen, an den Enden viereckig und zwischen den Enden kreuzförmig wie eine Kurbelstange (Fig. 494), so bestimme man die Dicke, als ob die Stange durchgängig viereckig wäre, und zwar durch die Formel

$$d' = 0{,}06\ D' \sqrt[4]{n^2\ p} \quad . \quad . \quad (5).$$

Für viereckige Stangen kann das Tragvermögen ausgedrückt werden durch

$$\frac{k\ d^4}{10\ l^2\ u},$$

(siehe Theil I. Art. 162), führt man hiermit die Berechnung wie für die Formel (2) und (4) aus, so wird das mitgetheilte Resultat zum Vorschein kommen.

Durch diese Dicke erfährt man den Inhalt des Durchschnitts der Enden. Diesem Inhalte muß derjenige des kreuzförmigen Durchschnitts in der Mitte gleich seyn; um aber die Stange gegen das Biegen zu verstärken, so vermehre man den Durchschnitt in der Mitte im Verhältnisse von 4 bis 5.

Digitized by Google

Beispiel. Es sey die Länge der Stange von dem Parallelogramm bis zum Verbindungspunkte der Luftpumpenkolbenstange gerechnet, dem achtfachen Durchmesser der Pumpe gleich, so ist $n = 8$; es sey ferner wie oben $p = 0{,}2$, so ist

$$d' = 0{,}06\ D \sqrt[4]{8^2 \cdot 0{,}2} = 0{,}113\ D' = \tfrac{1}{9}\ D'.$$

Der Inhalt des viereckigen Durchschnitts der Enden der Stange beträgt also $\frac{1}{81}$ des Vierecks, welches den Luftpumpendurchmesser zur Seite hat. Man nehme jedoch der Einfachheit halber für diesen Inhalt d^2. Der mittelste Theil der Stange soll kreuzförmig seyn (Fig. 590), und von den beiden Enden dieses Theils bis zur Mitte muß der Inhalt des Durchschnitts regelmäßig zunehmen, so daß derselbe in dieser Mitte $= \frac{5}{4}\ d^2$ sey. Man bekommt dieses z. B., wenn man $ad = bc = fe = gh = \frac{7}{4}d$, und $ab = eh = cd = fg = \frac{2}{5}d$ nimmt. Alsdann runde man die äußern Ecken des Kreuzes ab und lege in die innern Winkel Rippen, so daß der Durchschnitt werde, wie er in Fig. 590 Nr. 2 dargestellt ist. Oder man bestimme den Durchschnitt nach Fig. 590 Nr. 3, indem man das Kreuz nahe am Herzen um so viel verdickt, als dasselbe bei der Abrundung an den Rändern verdünnt worden ist. Der kreuzförmige Theil ist von den viereckigen Enden abgeschieden durch Bänder oder Leisten. Die Figur derselben ist als Verzierung willkürlich, aber allein als Verzierung werden sie nicht gebraucht. Denn bei dem Uebergange vom Viereckigen zum Kreuzförmigen kann die Vergrößerung des Durchschnittsinhalts nicht auf einmal stattfinden, im Gegentheil, wie sehr man die kreuzförmige Form unmerklich, nämlich mit Abnehmen oder Zunehmen beginnen läßt, so ist dieser Anfang doch immer ein schwacher Punkt, zu dessen Verstärkung eine Leiste oder ein Band über demsel-

Digitized by Google

ben beitragen kann, weil dadurch die Neigung zum Biegen geringer werden muß, als für den Fall, wo die Dicke der beiden Enden der Stange auf jenem Punkte durch Bänder oder Leistenwerk vermehrt worden wäre.

Wenn der untere Hinterbolzen des Parallelogramms durch einen Ring an die Kolbenstange der Luftpumpe geschlossen wird (Fig. 509), so kann die Dicke dieses Ringes kleiner seyn, als diejenige der Stange, wenn die Summe der Durchschnitte an beiden Seiten nicht kleiner ist, als der Durchschnitt des obern Endes der Stange. Ist die Stange nur um den genannten Hinterbolzen (Fig. 508) gebogen, so ist gar kein Grund für die Verminderung der Dicke an diesem Punkte vorhanden.

Die Erschwerung des obern Endes der Kolbenstange der Luftpumpe, um erstere entweder an einen Bolzen, welcher durch den Balancier gesteckt ist, oder an den mittlern Hinterbolzen des Parallelogramms zu hängen, ist von der besondern Art der Befestigung selbst abhängig; sie hält sich an keine Vorschriften und ist auch leicht zu treffen, sobald die Weise festgestellt und die Dicke des genannten Bolzens bestimmt worden ist (vergl. den folgenden §. III.).

Wenn endlich die Dampfmaschine eine andere Einrichtung haben sollte, als die hier vorausgesetzte, so daß auch der Stange des Luftpumpenkolbens auf eine andere Weise Bewegung mitgetheilt wird und diese Stange sehr kurz ist, so muß gleichwohl ihre Dicke wenigstens $\frac{1}{12}$ oder im Allgemeinen nicht weniger als $\frac{1}{10}$ des Durchmessers der Pumpe betragen.

B. Stange der Kaltwasserpumpe. Wenn die Kaltwasserpumpe eine Saugpumpe ist, so wird die Last des Wassers, der Reibung ꝛc. beim Aufziehen des Kolbens in einem ungünstigen Falle selten mehr als 6 niederländische Unzen auf den niederlän-

dischen Quadratzoll betragen können, und um diese Last zu tragen, braucht die Kolbenstange keine größere Dicke, als $\frac{1}{12}$ des Durchmessers des Pumpenstiefels zu haben. Wird die Bewegung fortgepflanzt durch einen Balancier, an dessen einem Arme die Stange des Kolbens ohne Parallelogramm oder ohne Dazwischenkunft von Zugstangen, sondern nur mittelst eines Bolzens hängt, so weicht die Richtung der Bewegung sichtbar von der vertikalen Richtung ab, und bei der großen Länge der Stange ist es alsdann nicht rathsam, ihre Dicke auf weniger als $\frac{1}{10}$ des Kolbendurchmessers, oder des Pumpenstiefels zu bestimmen.

Während der Kolben niedersteigt, muß ein Druck überwunden werden, der zum Theil durch die Reibung des Kolbens im Pumpenstiefel und durch den Widerstand der Ventile, besonders aber dadurch erzeugt wird, daß der Kolben mit derselben relativen Geschwindigkeit niedergedrückt werden soll, mit welcher der Dampfkolben auf- und niedergetrieben wird. Denn der Kolben muß allein durch die eigene Schwere und durch diejenige der Stange niedersteigen, jedoch immer mit geringerer Geschwindigkeit, oder wenigstens mit einer unsichern und unregelmäßigen Bewegung. Dieser Druck nun kann nicht viel mehr als 1 niederländische Unze auf den niederländischen Quadratzoll betragen. Die Länge der Stange kann ziemlich gleich seyn derjenigen des Kolbens der Luftpumpe, d. h. ungefähr dem sechsfachen Durchmesser des Dampfcylinders, so daß, wenn der Durchmesser der Wasserpumpe $= \frac{3}{10}$ vom Durchmesser des Cylinders wäre (Art. 245), die Länge der genannten Stange das Zwanzigfache des Durchmessers des Pumpenstiefels betragen könnte. Setzt man also in der Formel (3) $n = 20$ und $p = 0{,}1$, so findet man

$$d = 0{,}114\ D,$$

d. h. die Dicke der Stange betrage $\frac{1}{4}$ vom Durchmesser des Pumpenstiefels, oder etwas weniger als die halbe Dicke der Dampfkolbenstange (für den Fall von niederem Dampfdruck). Hat der Pumpenstiefel einen größern oder kleinern Durchmesser, als hier vorausgesetzt wird, oder ist die Kolbenstange länger oder kürzer, so verändert sich das Resultat, wird aber in jedem Falle durch die Formel (3) hinlänglich genau bestimmt. Und wenn Gelegenheit vorhanden ist, die Pumpenstange auf eine einfache Weise vertikal oder durch Augen zu leiten, so kann ihre Dicke immer etwas geringer genommen werden.

Wenn die Kaltwasserpumpe eine Druckpumpe ist, so wird ihr Durchmesser kleiner, und die Dicke der Kolbenstange kann eben so bestimmt werden, als diejenige des Kolbens der Druckpumpe, wenn man als Druck denjenigen des Wassers nimmt, in sofern dasselbe über das Pumpenherz gehoben wird, wie auch die Reibung des Kolbens ꝛc. Selten überschreitet dieser Widerstand denjenigen von $1\frac{1}{2}$ Unze auf den Quadratzoll und ist immer kleiner als derjenige, den das Aufziehen des Kolbens verursacht.

C. Stange der Speisepumpe. Die Stärke dieser Stange muß mit dem Dampfdruck proportional zunehmen. Für niedern Dampfdruck kann der Widerstand bei dem Niederdrücken des Kolbens acht niederländische Unzen auf den Quadratzoll betragen (Art. 246). Rechnet man nun die Länge der Stange als das Siebenfache des Cylinderdurchmessers und den Durchmesser des Druckkolbens zu $\frac{2}{3}$ vom Cylinderdurchmesser, so wird die Länge der genannten Stange ungefähr das Funfzigfache des Kolbendurchmessers; deshalb beträgt nach Formel (3) die Dicke der Stange

$$= 0{,}0586\ D' \sqrt[4]{50^2} \times 0{,}8 = \text{beinahe } \tfrac{2}{5}\ D'.$$

Wirkte der Dampf mit einem Drucke von vier Atmosphären, so würde das Verhältniß des Durchmessers des Druckkolbens zu demjenigen des Dampfkolbens noch größer seyn können, und die Dicke der Stange würde mehr als die Hälfte der Dicke des Druckkolbens betragen können. Ist die Stange kurz, und wird sie durch ein Auge geleitet, so wird die Dicke geringer; sie ist z. B. bei einer zehnfachen Länge $= \frac{1}{6}$ des Kolbendurchmessers für niederen Dampfdruck und $= \frac{1}{4}$ dieses Durchmessers bei einem Dampfdruck von vier Atmosphären. Ist die Pumpe von einem sehr kleinen Durchmesser, so kann die Stange zur bessern Verbindung mit dem Kniestück dieselbe Dicke haben, oder es kann das untere Ende der Stange selbst die Stelle eines Taucherkolbens vertreten.

296. **Auf- und niedergehende Stangen und Kurbelstangen.** Wenn der Balancier einer Dampfmaschine unter dem Cylinder liegt, oder neben demselben angebracht ist, so kann die Bewegung der Kolbenstange nicht unmittelbar auf den Balancier (oder auf die Balanciers) fortgepflanzt werden, sondern nur mit Hilfe niedersteigender Stangen (mit oder ohne Parallelogramm). Dazu trägt das obere Ende der Kolbenstange ein Querhaupt, dessen Enden zu Zapfen oder Hälsen abgedreht sind, und um welche die obern Enden von zwei niedersteigenden Verbindungsstangen geschlossen werden ꝛc. (Vergl. z. B. Fig. 79 und 80 Taf. VIII.; Fig. 114 Taf. XII.; Fig. 512 bis 517 Taf. XXIX.). Auf dieselbe Weise muß die Bewegung des Balanciers dem Kolben der Luftpumpe durch zwei aufsteigende Stangen mitgetheilt werden, welche die Enden des Querhaupts der Kolbenstange der Luftpumpe mit dem Balancier verbinden. Die Stärke dieser Stangen, welche von ihrer Länge und von dem mitgetheilten Druck abhängt,

Digitized by Google

kann eben so bestimmt werden, als diejenige der Kurbelstange; hierzu dienen dieselben Formeln, welche oben zur Berechnung der Dicke der Dampfkolbenstangen, der Pumpenstangen ꝛc. angewendet sind.

A. Auf- und niedergehende Verbindungsstangen. Wenn die Bewegung des Dampfkolbens auf einen Balancier durch zwei niedersteigende Verbindungsstangen fortgepflanzt wird, so kann man bei einer genauen Konstruction der Theile und der Verbindungen annehmen, daß jede dieser Stangen in der Richtung ihrer Länge gedrückt wird durch eine Kraft, welche gleich ist der Hälfte derjenigen des Dampfs auf den Dampfkolben. Deshalb kann die Dicke dieser Stangen bestimmt werden durch die Formel

$$d' = 0{,}0586\ D \sqrt[4]{\tfrac{1}{2}\, m^2\, p} \quad \ldots\ldots \quad (6),$$

wenn nämlich die Stangen von Schmiedeeisen sind und wenn ihre Länge m mal den Durchmesser D des Dampfcylinders beträgt. Die Dicke der Dampfkolbenstange ist bestimmt worden durch die Formel

$$d = 0{,}0586\ D \sqrt[4]{n^2\, p}.$$

Wäre nun die Länge m D der niedersteigenden Verbindungsstangen gleich der Länge n D der Kolbenstange, so müßte die Dicke d dieser letztern Stange offenbar größer seyn, als die Dicke d' der Verbindungsstangen. Aber bei einer größern Länge dieser letztern gibt es auch eine Grenze, jenseits welcher die Dicke der Verbindungsstangen größer seyn muß, als die Dicke der Dampfkolbenstange. Sind die Dicken dieser Stangen gleich, so ist $d = d'$ oder

$$0{,}0586\ D \sqrt[4]{\tfrac{1}{2}\, m^2\, p} = 0{,}0586\ D \sqrt[4]{n^2\, p}$$

oder $\tfrac{1}{2}\, m^2 = n^2$

oder $m = n \sqrt{2} = 1{,}414\ n.$

Digitized by Google

Man kann hierfür nehmen $m = 1{,}5\ n$ oder $1\frac{1}{2}\ n$; so daß die Verbindungsstangen dicker als die Dampfkolbenstange genommen werden müssen, wenn sie mehr als anderthalb Mal die Länge der Dampfkolbenstange besitzen. Beträgt die Länge der Verbindungsstangen das Sechsfache des Durchmessers des Dampfcylinders und der Druck des Dampfes im Kessel $= 1{,}3$ niederländisches Pfund auf den niederländischen Quadratzoll, so müssen erstere eine Dicke von $\frac{1}{8}\ D$ haben. Aber wenn die Bewegung dieser Stangen nicht merklich von der vertikalen Richtung abweicht, oder wenn sie durch Parallelstangen, oder auf eine andere Weise geleitet wird, so ist die gefundene Dicke für die Mitte der Stangen zureichend, und die Dicke an den beiden Enden kann bis zur Dicke der Dampfkolbenstange vermindert werden; die niedersteigenden Stangen nehmen alsdann gegen ihre Mitte hin an Dicke zu.

Die Bestimmung der Dicke für die aufsteigenden Stangen, welche den Balancier mit dem Querhaupt der Stange des Luftpumpenkolbens verbinden, geschieht auf dieselbe Weise; und keinen andern Weg darf man auch einschlagen zur Berechnung der Dicke niedersteigender Stangen für Dampfschubladen, Dampfventile ꝛc.

B. Kurbelstangen. Dieselben Formeln, durch welche die Dicke auf- oder niedersteigender Verbindungsstangen zu berechnen ist, können auch benutzt werden zur Bestimmung der Dimensionen der Kurbelstangen. Gleichwohl ist für diese Stangen ein größeres Uebermaas der Stärke meistens rathsam, weil wegen ihrer schwankenden Bewegung der Druck sowohl in der Richtung ihrer Länge, als auch seitwärts sehr nachtheilig und manchmal heftig ausgeübt wird; aber dieses Uebermaas kann auch häufig allein durch

Digitized by Google

eine größere Verstärkung dieser Stangen in der Mitte gefunden werden.

Die Bewegung des Dampfkolbens wird auf die Kurbel der Betriebswelle entweder mit einer einzigen Kurbelstange oder mit zwei Kurbelstangen fortgepflanzt. Mit einer einzigen Kurbelstange findet die Mittheilung der Bewegung statt, wenn ein einziger Balancier zwischen beide kommt, auf die gewöhnliche Weise Fig. 29, 78, 79, 114, 468 bis 473, 487, 489 bis 494, — oder wenn der Treibcylinder eine liegende Stellung hat, Fig. 86 und 87, — oder wenn die Welle über dem Cylinder liegt, Fig. 81, 83, 84, 430, 434, 435, 442, 452, 454, 459, 464 ꝛc. Mit zwei Kurbelstangen wird die Bewegung fortgepflanzt, wenn kein Balancier zwischen beide kommt, und wenn die Welle unter oder hinter dem Cylinder angebracht ist, oder so, daß die Dampfkolbenstange und die Kurbel der Welle (oder die Kurbeln der Wellen) nicht mit einer Kurbelstange in Verbindung gebracht werden können, Fig. 85, 88, 89, 90, 436 bis 441, 462, 465. In den ersten Fällen sind die Kurbelstangen meistentheils aus Gußeisen; manchmal jedoch sind es auch Stangen aus Schmiedeeisen, wie in den letzten Fällen.

Wenn die Bewegung des Balanciers einer Dampfmaschine von gewöhnlicher Einrichtung durch eine einzelne Kurbelstange auf eine Welle fortgepflanzt werden soll, und wenn die beiden Arme des Balanciers eine gleiche Länge haben, so kann man (ohne auf Reibung ꝛc. Rücksicht zu nehmen) annehmen, daß der Druck auf die Kurbelstange gleich sey dem vollen Dampfdruck auf den Dampfkolben. Aber die Richtung der Kurbelstange verändert sich unaufhörlich, und bei ihrer größten Abweichung von der vertikalen Linie, welche durch das Herz der Welle läuft, bildet sie mit dieser Linie einen Winkel von ungefähr 12°,

Digitized by Google

wenn ihre Länge etwa das Fünffache der Länge der Kurbel beträgt (vergleiche Art. 250). Darum wird der Druck, welcher durch die Zerlegung der vertikalen Kraft in der genannten schrägen Richtung während einiger Augenblicke ausgeübt wird, etwas größer seyn, als der ursprüngliche Druck. Die Zunahme dieses Drucks ist $\frac{1}{20}$, wenn die Länge der Kurbelstange das Dreifache der Länge der Kurbel beträgt, oder $\frac{1}{34}$ für eine vierfache Länge, — oder $\frac{1}{45}$ für eine fünffache Länge, — oder $\frac{1}{70}$ für eine sechsfache Länge, und $\frac{1}{100}$ für eine siebenfache Länge der Kurbelstange. Im Durchschnitt rechne man $\frac{1}{45}$ und setze also in die Formeln (2) bis (6), — aus welchen die untenstehenden abgeleitet sind, — $1\frac{1}{45}\,p = 1{,}0222\,p$ statt p, so wird man finden:

1) Für eine gußeiserne Kurbelstange, welche entweder an den beiden Enden, oder durchgängig einen runden Querdurchschnitt besitzt, dessen Durchmesser $= d$ ist,

$$d = 0{,}068\,D\sqrt[4]{n^2} \cdot 1{,}0222\,p = 0{,}0684\,D \times \sqrt[4]{n^2}\,p \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7).$$

2) Für eine gußeiserne Kurbelstange, die an beiden Enden oder durchgängig einen viereckigen Durchschnitt von der Dicke d besitzt,

$$d = 0{,}0604\,D\sqrt[4]{n^2}\,p \quad \ldots\ldots \quad (8).$$

3) Für eine gußeiserne Kurbelstange, welche an beiden Enden oder durchgängig einen rechtwinkligen Durchschnitt von der Dicke d und von der Breite b besitzt,

$$b\,d^3 = 0{,}0000133091\,D\sqrt[4]{n^2}\,p \quad . \quad (9).$$

Wenn z. B. die Breite b den vierten Theil der Dicke d beträgt, so wird diese Dicke gefunden durch die Formel

$$d = 0{,}0854\,D\sqrt[4]{n^2}\,p \quad \ldots \quad (10).$$

Digitized by Google

4) Für eine runde Kurbelstange aus Schmiedeeisen,

$$d = 0{,}0589\ D \sqrt[4]{n^2 p} \quad \ldots\ldots \quad (11).$$

5) Für eine viereckige Kurbelstange aus Schmiedeeisen,

$$d = 0{,}052\ D \sqrt[4]{n^2 p} \quad \ldots\ldots \quad (12).$$

In allen diesen Formeln bezeichnet **D** den Durchmesser des Dampfcylinders; **n**: wie vielmal dieser Durchmesser in der Länge der Kurbelstange enthalten ist; **p**: den größten Druck des Dampfs auf den niederländischen Quadratzoll. Die Formeln sind allgemein und deshalb auch anwendbar auf die Fälle, in welchen die Bewegung der Dampfkolbenstange ohne Balancier auf die Welle fortgepflanzt wird, es sey nun durch eine oder durch zwei Kurbelstangen. Durch die nachfolgenden Beispiele wird das eine und das andere näher erläutert werden.

Erstes Beispiel. Die Dicke einer gußeisernen runden Kurbelstange zu bestimmen, mit welcher die Bewegung des Balanciers einer Dampfmaschine von niederem Druck auf eine Welle fortgepflanzt werden soll, unter der Voraussetzung, daß die Länge der Stange der fünffachen Länge der Kurbel und die Länge des Dampfkolbenlaufs dem $2\frac{3}{10}$fachen Durchmesser des Dampfcylinders gleich seyn.

In diesem Beispiel ist die Länge des Dampfkolbenlaufs $= 2{,}3\ D$, und weil die Länge der Kurbel dem halben Kolbenlaufe gleich ist, so wird diese letzte Länge $= 1{,}15\ D$, und die Länge der Kurbelstange $= 5{,}75\ D$ seyn. Deshalb ist $n = 5{,}75$, und nimmt man $p = 1{,}3$, so wird nach der Formel (7) $d = 0{,}0684\ D \sqrt[4]{(5{,}75)^2 \cdot 1{,}3} = 0{,}0684$. D. $2{,}55 = 0{,}1744\ D$, also mehr denn $\frac{1}{6}$ und we-

niger als $\frac{17}{18}$ vom Durchmesser des Dampfcylinders. Der Flächeninhalt des Stangendurchschnittes wird deshalb $\frac{1}{3}$ der Oberfläche des Dampfkolbens.

In der Mitte muß die Stange eine größere Dicke haben. Je nach der größern oder geringern Länge und je nach dem der Durchschnitt in der Mitte rund oder kreuzförmig seyn soll, muß diese Dicke von $\frac{1}{8}$ bis zu $\frac{1}{10}$ größer genommen werden. In dem vorliegenden Fall ist $\frac{1}{10}$ ausreichend bei einem durchgängig rundem Durschnitt, und $\frac{1}{9}$, wenn der mittlere und größte Theil der Stange kreuzförmig ist. Unter dieser letzten Form wird der Inhalt des Durchschnittes durch die Mitte $\frac{1}{27}$ der Oberfläche des Dampfkolbens, oder $\frac{1}{9}$ des Inhaltes der Durchdurchschnitte der Enden der Stange; und um nun die Dimensionen des Kreuzes zu bestimmen, verfolge man den Weg, welcher dazu in Art. 295 für die Anwendung der Formel (6) angegeben ist.

Zweites Beispiel. Dieselbe Bestimmung für eine gußeiserne Kurbelstange von viereckigem Durchschnitt, wenn die Data dieselben sind, wie im ersten Beispiele.

Nach der achten Formel ist

$$d = 0{,}0604\, D \sqrt[4]{n^2 p} = 0{,}0604\, D \sqrt[4]{(5{,}75)^2 \cdot 1{,}3} = 0{,}154\, D.$$

Diese Dicke ist beinahe $\frac{2}{3}$ vom Durchmesser des Dampfcylinders. Der Inhalt des Durchschnittes der beiden Enden der Stange wird $\frac{1}{42}$ der Oberfläche des Dampfkolbens. Die Dicke in der Mitte sey $\frac{1}{10}$ mehr, also ungefähr $\frac{1}{6}$ D. Und wenn die Mitte der Stange kreuzförmig ist, so werde der Inhalt ihres Durchschnitts in der Mitte $\frac{1}{84}$ bis $\frac{1}{85}$ der Oberfläche des Dampfkolbens.

Man kann sich die Kurbelstangen auch anders geformt denken, z. B. achteckig, linsenförmig ꝛc.

Digitized by Google

Für diese verschiedenen Formen wären, streng genommen, besondere Formeln zur Berechnung der Dimensionen in der Dicke erforderlich. Aber man kann, ohne einen Irrthum befürchten zu müssen, dieselben Formeln anwenden, wenn man nämlich den Inhalt des Durchschnitts einer Stange, — deren Form derjenigen der angenommenen Stange am nächsten kommt, — berechnet und alsdann die Dicke dieser letztern so abmißt, daß der Inhalt ihres Durchschnitts dem berechneten Inhalte gleich werde. Dasselbe gilt hinsichtlich besonderer Verstärkungen, Verzierungen ꝛc., deren größerer oder geringerer Durchschnitt ganz oder gar nicht unter den berechneten Durchschnitten begriffen werden kann, je nachdem die Umstände, unter welchen die Maschine arbeiten muß, keine besondere, oder auch eine ganz specielle Verstärkung der Stange erheischen.

Drittes Beispiel. Die schmiedeeiserne viereckige Kurbelstange RY einer Dampfbootmaschine Fig. 114 hat die vierfache Länge der Kurbel XH und die Länge der letztern ist vollkommen gleich dem Durchmesser des Dampfcylinders; welches ist nun die Dicke der Stange, wenn angenommen wird, daß der Dampf mit niederem Drucke wirkt?

Zur Lösung dieser Aufgabe dient die Formel (12); da jedoch die Stange kürzer ist, als die fünffache Länge der Kurbel beträgt (auf welche Voraussetzung die Formel eigentlich gegründet ist) und auch auf Dampfbooten das Uebermaas an Stärke an den Theilen einer Dampfmaschine größer seyn muß, als für eine Dampfmaschine in einer Fabrik oder sonst wo erforderlich ist, so stelle man die Formel für den vorliegenden Fall folgendermaaßen:

Digitized by Google

$$d = 0{,}054\, D \sqrt[4]{n^2 p}$$

und $d = 0{,}054\, D \sqrt[4]{4^2 \cdot 1{,}3} = 0{,}054\, D.\ 2{,}135 = 0{,}1153\, D.$

Diese Dicke differirt wenig von $\frac{10}{87}$ des Durchmessers des Dampfkolbens; in der Mitte kann sie $\frac{10}{88}$ desselben Durchmessers gleichgenommen werden.

Viertes Beispiel. Die gußeiserne Kurbelstange einer Dampfmaschine von mittlerem Druck hat die fünffache Länge des Durchmessers des Dampfcylinders; dieser letztere hat eine horizontale Stellung, und damit die Möglichkeit der Biegung der horizontalen Kurbelstange ohne beträchtliche Erschwerung so klein wie möglich sey, beabsichtigt man den Durchschnitt der Stange rechtwinklig zu machen, so daß die Breite $\frac{1}{4}$ der Dicke betrage; wie groß muß nun diese Dicke seyn, wenn man einen Dampfdruck von drei Atmosphären annimmt?

Für diesen Fall hat man die Formel (10).

$$d = 0{,}0854\, D \sqrt[4]{n^2 p}$$

und $d = 0{,}0854\, D \sqrt[4]{25.\ 3} = 0{,}0854\, D.\ 2{,}943 = 0{,}25\, D = \frac{1}{4}\, D.$

Die Dicke in der Mitte werde $= \frac{10}{36}\, D.$

Sobald der Durchmesser des Dampfcylinders gegeben ist, kann man sich überzeugen, ob die berechnete Dicke hinlänglich sey, damit die Stange sich durch ihr eignes Gewicht nicht bedeutend verbiege. Sollte dieses der Fall seyn können, so wird eine größere Dicke oder Breite in der Mitte nothwendig. Ist ferner der Durchmesser des Cylinders klein, so nehme man die Breite der Stange eher $= \frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$, als $\frac{1}{4}$ ihrer Dicke.

Digitized by Google

Fünftes Beispiel. Bei einer Dampfmaschine von hohem Druck, in deren Cylinder der Dampf mit einem Druck von 4 Atmosphären wirkt, wird die Bewegung der Kolbenstange durch zwei Kurbelstangen (wie in Maudsley's Maschine) einer unter derselben liegenden Welle mitgetheilt; diese Stangen sind runde schmiedeeiserne Stangen von der sechsfachen Länge des Durchmessers des Dampfcylinders; wie dick muß man dieselben machen?

Da man annehmen darf, daß jede der Kurbelstangen die Hälfte des Dampfdruckes erfährt, so hat man nach Formel (11)

$$d = 0{,}0589\, D \sqrt[4]{n^2 \tfrac{1}{2} p}$$

d. i. $d = 0{,}0589\, D \sqrt[4]{18 \cdot 4} = 0{,}0589\, D \cdot 2{,}9 = 0{,}17\, D$, was noch nicht $\frac{1}{5} D$ beträgt. In der Mitte werde die Dicke $= 0{,}185\, D$. Die Dicke der Dampfkolbenstange muß $\frac{1}{4}$ vom Durchmesser des Cylinders betragen, wenn ihre Länge der dreifachen Weite des Cylinders gleich seyn sollte.

Diese Beispiele werden die Anwendung der gegebenen Formeln hinlänglich erläutern. Man habe bei diesen Anwendungen noch im Auge:

1) Wenn die Bewegung mittelst eines Balanciers fortgepflanzt wird und die Entfernung vom Verbindungspunkte der Kurbelstange bis zum Zapfen des Balanciers kleiner ist, als die Entfernung dieses Zapfens vom Verbindungspunkte der Dampfkolbenstange, so nimmt der Druck auf die Kurbelstange im umgekehrten Verhältnisse der genannten Abstände zu, so daß man die Größe p, welche in den Formeln vorkommt, auch in demselben Verhältnisse vergrößern muß.

Digitized by Google

2) Wenn die rotirende Bewegung, welche durch die Kurbelstange fortgepflanzt wird, allein dazu dient, den Gang der Maschine zu reguliren und in keiner Art benutzt wird, um andern Maschinen Bewegung mitzutheilen (vergl. z. B. Fig. 494), so bedarf die Kurbelstange blos die Stärke, welche für die zur Ueberwindung der Reibungen der Welle und zur Unterhaltung der Bewegung des Schwungrades erforderliche Kraft nöthig ist.

3) Die Dimensionen der Enden einer Kurbelstange, sie sey platt oder gabelförmig, werden bekannt, sobald die Dicke der Bolzen, welche von den Enden umfaßt werden müssen, bestimmt ist (siehe weiter unten §. III.). Hierbei bemerke man noch, daß die Summe des Inhaltes der Durchschnitte der massiven Theile dieser Enden eben so groß seyn müsse, als der berechnete Durchschnitt der Kurbelstange.

297. Stangen der Parallelogramme ꝛc.

A. Vorder- der Hinterstangen und Verbindungsstangen. Die Vorderstangen des gewöhnlichen Parallelogrammes bestehen meistentheils (wie bekannt) aus schmiedeeisernen Bändern, welche die metallenen Schließ- und Deckstücke der obern und untern Vorderbolzen, und also diese beiden Bolzen mit einander verbinden. Von diesen Bändern kann man annehmen, daß sie den Dampfdruck der Dampfkolbenstange auf den Balancier fortpflanzen; sie müssen deshalb desselben Widerstandes fähig seyn, wie die Kolbenstange. Wäre die Länge dieser Bänder gleich der Länge der Kolbenstange und würden sie unveränderlich in der vertikalen Richtung bewegt, so müßten sie (weil der Durchschnitt nicht rund ist) schon hinlängliche Stärke besitzen, sobald der Durchschnitt des massiven Theils denselben Inhalt hat, als der Durchschnitt der Dampfkolben-

Digitized by Google

stange. Aber diese Bänder haben nur eine Länge, welche kleiner ist, als die Hälfte der Dampfkolbenstange, und dadurch können sie ohne geringere Breite oder Dicke ausreichen. Von einer andern Seite weicht jedoch die Richtung ihrer Bewegung auf eine unaufhörlich veränderliche Weise von der vertikalen Richtung ab; und weil die Dicke des Eisens dieser Bänder nicht wohl größer seyn kann, als $\frac{1}{4}$ ihrer Breite (ohne unnöthige Erschwerung, oder ohne unräthliche Verminderung der Breite), und doch diese Dicke an und für sich nicht zu gering seyn darf, damit keine Biegung stattfinde, so ist eine größere Breite und Dicke, oder ein größerer Durchschnitt als derjenige nothwendig, welcher allein der Länge entspricht. Man hat als Regel angenommen, daß der Durchschnitt des massiven Theiles der Bänder ziemlich gleich seyn müsse, dem Durchschnitte der Stange des Dampfkolbens (immer in der Voraussetzung, daß diese beiden genannten Theile aus Schmiedeeisen angefertigt sind). Da jedes der beiden Bänder (welche die Vorderstangen des Parallelogrammes bilden) aus zwei Theilen oder Schenkeln besteht, so muß der Durchschnitt eines jeden dieser Theile gleich seyn dem vierten Theile des Durchschnittes der Dampfkolbenstange, also

$$= \frac{1}{4} \cdot 0{,}7854\, d^2 \cdot$$

Man nenne die Breite der Bänder b und die Dicke der Schenkel der Bänder sey $= \frac{1}{4}b$, so ist der Inhalt des Durchschnittes $= \frac{1}{4}b^2$; deshalb

$$\frac{1}{4}b^2 = \frac{1}{4} \cdot 0{,}7854\, d^2;$$

woraus sich ergibt, daß $b = 0{,}88\, d$ oder beinahe $\frac{2}{10}\, d$ sey.

Dieses Maas kann auch angenommen werden für den Fall, daß die Dampfkolbenstange allein durch Verbindungsstangen (Fig. 469, 470, 473) mit dem Ende des Balanciers vereinigt sey. Und wenn diese Verbindungsstangen nicht die Form von Bändern

haben, sondern ganz oder theilweise aus runden Stangen beständen (Fig. 473), so müßten diese runden Stangen oder die runden Theile der Verbindungsstangen eine Dicke haben, welche $\frac{7}{10}$ der Dicke der Dampfkolbenstange gleich wäre.

Daraus ergibt sich nun auch, daß das Maas der Dicke und Breite der Hinterstangen des Parallelogrammes dasselbe seyn könne, mit Beziehung auf die Dicke der Stange des Luftpumpenkolbens (oder auf die Dicke des untersten Theiles dieser Stange, welche mit dem Kolben der Luftpumpe unmittelbar in Verbindung steht) wie das Maas der Breite und Dicke der Vorderstangen, mit Beziehung auf die Dicke der Dampfkolbenstange. Und wenn keine Luftpumpe vorhanden ist, so kann dieses Maas (immer den besondern Umständen entsprechend) relativ kleiner angenommen werden.

B. Parallelstangen und Zugstangen. Wenn eine Dampfkolbenstange FS Figur 471 und 472 blos durch eine Verbindungsstange CF mit dem Balancier verbunden ist, so wird der größere Druck bC oder bG, welcher in einem schrägen Stande des Balanciers in der Richtung AO desselben ausgeübt wird $= \frac{1}{3}$ des ganzen Dampfdruckes, der auf den Dampfkolben ausgeübt wird. Dieses ist schon im Art. 262 erwähnt, und es hält nicht schwer, zu beweisen, daß, wenn ein Parallelogramm vorhanden ist, die Parallelstangen einen gleichen Druck in der Richtung ihrer Länge zu leiden haben. Dieser Druck verändert sich bei der entgegengesetzten Bewegung des Dampfkolbens; aber alsdann wird durch das Ziehen eine gleiche Gegenwirkung, d. h. ein gleichgroßer Druck auf die Lenkstangen ausgeübt. Man kann deshalb im Allgemeinen annehmen, daß die Lenkstangen sowohl, als die Parallelstangen eine Stärke besitzen müssen, durch welche sie, ohne sich zu biegen, in der Richtung ihrer Länge einen stets ver-

Digitized by Google

änderlichen Druck, der nicht den dritten Theil des Druckes auf dem Dampfkolben überschreitet, aushalten können. Und da zwei Parallelstangen nnd zwei Lenkstangen vorhanden sind, so muß jede derselben $\frac{1}{6}$ des Dampfdruckes sicher aushalten können. Nennt man also den Durchmesser des Dampfcylinders **D** niederländische Zolle, — die Zahl, wieviel Mal dieser Durchmesser in der Länge der eben genannten Stangen enthalten ist, **n**, — den größten Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll **p** niederländische Pfunde, und **d** die Dicke dieser Stangen, so hat man nach Anleitung der Formel (3) Art. 294.

$$d = 0{,}0586\, D \sqrt[4]{n^2 \cdot \tfrac{1}{6} p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13).$$

Es sey, um eine Anwendung dieser Formel zu geben, die Länge des Dampfkolbenlaufes einer Maschine von niederem Druck $= 2{,}3 \cdot \mathbf{D}$; die Länge des halben Balanciers $= 1\frac{1}{2}$ Mal die Länge des Kolbenlaufes, also $= 3{,}45\ \mathbf{D}$; die Länge der Parallelstangen denke man sich gleich der halben Länge des Armes des Balanciers, d. i. $n = 1{,}72\ \mathbf{D}$, und die Lenkstangen nehme man von derselben Länge, wie die Parallelstangen; endlich sey der größte Dampfdruck $p = 1{,}3$ niederl. Pfund. Mit diesen Angaben findet man $d = 0{,}0586\, D \sqrt[4]{(1{,}72)^2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1{,}3} =$

$0{,}0586\, D \sqrt[4]{2{,}9584 \cdot 0{,}217} = 0{,}0586\, D \sqrt[4]{0{,}641973}$
$= 0{,}0586\, D \times 0{,}89 =$ ungefähr $0{,}05\ \mathbf{D}$.

Diese Dicke muß deshalb $\frac{1}{20}$ vom Durchmesser des Cylinders seyn, und weil die Dampfkolbenstange eine Dicke von $\frac{1}{10}$ des Cylinderdurchmessers haben kann, so muß die Dicke der erwähnten Stangen in dem vorliegenden Falle der halben Dicke der Dampfkolbenstange gleich seyn. Meistens ist der Dampfdruck geringer, als 1,3 niederl. Pfunde, und man verstärkt die Parallelstangen und die Lenkstangen ge-

Digitized by Google

gen das Biegen, indem man entweder ihre Dicke in der Mitte um $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ vergrößert, oder indem man Bänder oder Ringe und dergleichen um die eben genannte Mitte schmiedet; dadurch kann die berechnete Dicke ein wenig geringer werden, wie sie auch eher $\frac{3}{7}$ als $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3 \cdot \frac{1}{2}}{7}$ von der Dicke der Dampfkolbenstange beträgt.

Je nachdem die Einrichtung einer Dampfmaschine verschieden ist, können die Stangen, über deren Dimensionen oder Stärke in diesem §. gehandelt ist, andere Richtungen, Stellungen oder Formen haben, als in den vorhergehenden Betrachtungen vorausgesetzt wurde. Auch können die Kräfte oder Drucke anders auf dieselben wirken, so daß ein geringerer Grad von Stärke ausreichen kann, oder eine noch größere Stärke erfordert wird. Aber auf die entwikkelten Grundsätze können in jedem Falle fernere Untersuchungen basirt werden, und sie dienen auch z. B. zur Bestimmung der Stärke der Unterstützungsstangen, der Schubstangen der Excentrica, der Dampfventilstangen, der niedersteigenden oder aufsteigenden Stangen für die Querhäupter der Dampfschubladen, oder der Dampfschieber und der Dampfbüchsen und anderer Stangen oder Stäbe, deren Dimensionen in die Dicke auch häufig durch einfache Vergleichung und aus übereinstimmenden Umständen ausgemittelt, oder durch die Erfahrung festgestellt werden kann.

Anmerkung. Die Dicke der Zapfen oder Bolzen des Parallelogrammes und die Dicke der Stangen, welche als Bolzen dienen, werden in §. III. bestimmt werden, und damit wird alles bekannt werden, was man zur vollkommenen Bestimmung der Dimensionen des Parallelogrammes bedarf.

Digitized by Google

§. II.

Ueber die Stärke der Balanciers, der Hebel, der Querhäupter, der Kurbeln ꝛc.

298. Balanciers. Die Balanciers oder Hebel, mit welchen die Bewegung eines Dampfkolbens fortgepflanzt wird, sind von Gußeisen oder von Eichenholz. Von dem mannichfaltigsten Gebrauche sind die gußeisernen Balanciers; man kann ihnen leichter als den Balanciers aus Schmiedeeisen eine Form von größter Stärke geben, nämlich eine beträchtliche Dicke in der Mitte bei einer geringen Breite und eine zweckmäßige Verstärkung durch Leistenwerk. Die Form, deren hier gedacht wird, ist hinlänglich bekannt, aber sie kann auf vielerlei Weise mehr oder weniger modificirt werden, und manche dieser Modificationen können aus der Betrachtung der Figuren 29, 43, 78, 79, 81, 114, 468, 469, 470, 473, 487 bis 498, 508, 512—516, 523 entnommen werden. Die Form der größten Stärke ist diejenige, bei welcher die untern und obern Seiten des Balanciers eine solche krummlinige Form haben, daß die Dicke an den Enden gleich ist oder weniger beträgt, als $\frac{1}{3}$ der Dicke in der Mitte (Fig. 490, 491, 492, 495). Aber damit bei dieser sehr verminderten Dicke keine oder keine merkliche Biegung stattfinde, muß die Dicke in der Mitte verhältnißmäßig größer genommen werden, als für den Fall (wie man es meistentheils findet), wo die Dicke an den Enden nur die Hälfte der Dicke in der Mitte beträgt. Jedoch sind die Differenzen für diese geringen Modificationen dieser massiven Stücke zu gering und das Uebermaas der Stärke, welches denselben gegeben wird, ist zu beträchtlich, als daß diese Formeln nicht in den meisten Fällen zur Bestimmung der gehörigen Dimensionen sollten benutzt werden können.

Balanciers aus Schmiedeeisen werden verfertigt aus zusammengeschweißten und zusammengenieteten Blättern von gewalztem Eisen. Nur in einzelnen Fällen und zwar namentlich für Dampfbootmaschinen mit sogenannten doppelten Balanciers (Fig. 114; 514 bis 516) kann es rathsam seyn, Balanciers aus Schmiedeeisen den Vorzug zu geben vor gußeisernen.

Hölzerne Balanciers bestehen ganz einfach aus einem einzigen durchlaufenden eichenen Balken (Fig. 493, 522 und 529); sie können jedoch auf mehr als eine Weise aus der Zusammensetzung verschiedener Theile hergestellt werden. Für größere Maschinen sind sie immer schwerer und hinderlicher oder unbequemer, als gußeiserne Balanciers; sie erfordern die sorgfältigste Verbindung derjenigen Stücke, durch welche der Zapfen, die Kurbelstange, das Parallelogramm ꝛc. mit dem Balancier verbunden werden sollen. Sie gewähren, was die Dauer anlangt, geringere Sicherheit; und alles zusammengenommen kann der Gebrauch derselben allein durch ganz besondere Umstände gut geheißen werden.

Die Länge eines Balanciers ist durch die Länge des Dampfkolbenlaufes und durch den Winkel, den der Balancier sowohl über, als unter der Linie seiner horizontalen Richtung beschreibt, immer bekannt. Wird z. B. die Bewegung der Dampfkolbenstange auf den Balancier durch Verbindungsstangen und Lenkstangen, oder mit einem Parallelogramm fortgepflanzt, und überschreitet die Winkelbewegung des Balanciers über und unter der Horizontallinie keine 20°, alsdann haben der halbe Balancier (unter der Voraussetzung, daß die beiden Arme gleich sind) keine geringere Länge als anderthalb Mal die Länge oder Extension des Dampfkolbenlaufes

(Art. 264 gegen das Ende). Für eine weniger ausgebreitete Winkelbewegung muß diese Länge streng genommen größer seyn, jedoch ist man hinsichtlich der Winkelbewegung selten beschränkt.

Die Breite der Balanciers nehme man so gering wie möglich, damit zu mehrerer Stärke und zur Verminderung der Schwere die Dicke groß werden könne. Für gußeiserne Balanciers darf diese Breite, je nach dem Kaliber der Maschinen, nicht wohl kleiner seyn, als von 3 bis zu 10 niederländischen Zollen, so daß sie $\frac{1}{105}$ bis $\frac{1}{80}$ der ganzen Länge, oder auch wohl $\frac{1}{18}$ bis $\frac{1}{10}$ der Dicke in der Mitte beträgt. Hölzerne Balanciers müssen offenbar eine verhältnißmäßig größere Breite haben, welche von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{12}$ der totalen Länge betragen kann, insofern man durch das Maas der hölzernen Balken selbst nicht beschränkt ist.

Deshalb sind die Länge und Breite eines Balanciers immer gegeben, oder man kann diese Dimensionen nach der Einrichtung und dem Kaliber der Maschinen bestimmen. Aber zur Bestimmung der Dicke, nämlich zur Dicke in der Mitte (mit Ausnahme hölzerner Balanciers) ist eine Berechnung erforderlich.

Diese Berechnung ist diejenige der Formel für das Tragvermögen eines Hebels der ersten Art. Man nenne die halbe Länge des Balanciers, d. i. die Länge des halben Armes vom Mittelpunkte des Zapfens bis an die Dampfkolbenstange gerechnet, l; die Dicke in der Mite sey d; die Breite (unter der Voraussetzung, daß sie durchgängig sich gleich bleibe) werde = b; und das Gewicht, womit der Stoff, aus welchem der Balancier gefertigt ist, auf den niederländischen Quadratzoll belastet werden soll, ohne daß die natürliche Federkraft der Theile etwas vermindert wird, = k niederländische Pfunde gesetzt. Alsdann wird die

Last, welche auf das Ende des Hebelarmes drücken kann, ohne daß die natürliche Federkraft des Stoffes vermindert wird, durch die bekannte Formel

$$\frac{k\,b\,d^2}{6l}$$

berechnet (siehe die III. Abth. I. Theiles Art. 150). Die Last nun ist hier der Dampfdruck auf den Dampfkolben, und wenn der Durchmesser des Treibcylinders gleich ist D niederländischen Zollen, der Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll = p Pfunde, so ist der genannte Druck = $0{,}7854\ D^2 \cdot p$.

Aber wenn die Dicke des Balanciers allein in ein Verhältniß zu diesem Dampfdruck gebracht wird, so wird der nützliche Druck auf das Ende des Balanciers bereits die äußerste Grenze erreicht haben, wenn dem Balancier selbst keine Bewegung mitgetheilt wurde. Die Stärke wird also zu gering seyn, oder vielmehr bei der unaufhörlich abwechselnden Bewegung des Balanciers wird die Biegung, durch den genannten Druck alsdann in der Richtung nach aufwärts und wiederum in der Richtung nach niederwärts verursacht, sehr bedeutend werden können, und es ist in der That Wahrscheinlichkeit des Zerbrechens vorhanden. Es ist deshalb ein reichliches Uebermaas von Stärke erforderlich. Nach der in §. I. angenommenen Voraussetzung wird eine doppelte Stärke, oder eine Stärke für einen doppelten Druck ausreichend seyn. Da jedoch der Druck nicht wenig verändert wird durch die Schwere des Balanciers und der anhängenden Theile, auch die unaufhörliche Abwechslung der Bewegung sehr nachtheilig auf die Stärke wirkt (eine abwechselnde Bewegung eines Theiles oder Stückes ist, soviel man weiß, in vielen Fällen ein Mittel des Brechens), so setze man das hier erwähnte Uebermaas auf die dritthalbfache Stärke. Die Gleichung wird deshalb

$$0{,}7854 \cdot D^2 \cdot 2\tfrac{1}{2} p = \frac{k b d^2}{6 l},$$

woraus gefunden wird

$$d^2 = \frac{11{,}781 \cdot D^3 \cdot p \cdot l}{k b}$$

oder $$d = D \cdot \sqrt{\frac{11{,}781\, p \cdot l}{k b}}$$

Setzt man für Gußeisen $k = 1070$, und für Schmiedeeisen $k = 1600$, so wird

für einen gußeisernen Balancier

$$d = 0{,}105\, D \sqrt{\frac{l p}{b}} \quad \ldots \quad (14).$$

Für einen Balancier aus Schmiedeeisen

$$d = 0{,}086\, D \sqrt{\frac{l p}{b}} \quad \ldots \quad (15).$$

Das Holz kann eine viel größere Biegung vertragen, als das Schmiedeeisen; diese Biegung muß jedoch bei der unaufhörlich abwechselnden Bewegung und bei der Abnahme der guten Beschaffenheit des Holzes sehr nachtheilig werden können; deshalb nehme man für das Eichenholz ein vierfaches Uebermaas der Stärke, wodurch man, wenn $k = 270$ gesetzt wird, finden wird

für einen Balancier von Eichenholz

$$d = 0{,}27\, D \sqrt{\frac{l p}{b}} \quad \ldots \quad (16).$$

Diese Formeln werden genügende Resultate geben und sind wegen ihrer Einfachheit für die praktische Benutzung sehr geeignet. Man kann jedoch andere Formeln anwenden, welche auf die natürlichere Voraussetzung gegründet sind, daß die durch die Wirkung der Kraft oder der Last auf das Ende des Balanciers hervorgebrachte Biegung ihre bestimmte Grenze nicht überschreiten dürfe. Obgleich von diesen andern Formeln die Ergebnisse mit denen der

Digitized by Google

obenstehenden übereinstimmen, so ist es gleichwohl von Belang, dieselbe hier zu kennen.

Wenn der auf das Ende des Balanciers ausgeübte Druck demjenigen für die Tragkraft gleich ist, nämlich

$$= \frac{k\,b\,d^2}{6\,l},$$

so wird die durch diesen Druck verursachte Biegung soviel betragen, als ausgedrückt ist durch die Formel

$$\frac{0{,}9\,u\,l^2}{d},$$

in welcher u die Ausdehnung des Stoffes bezeichnet, welche der Last k entspricht (Theil I. Abth. III. Art. 150). Für eine geringere Quantität der Biegung muß die Tragkraft auch verhältnißmäßig kleiner seyn, und wenn die Quantität der Biegung, die nicht überschritten werden darf, durch a ausgedrückt wird, so wird der entsprechende Druck seyn

$$= \frac{a\,k\,b\,d^3}{5{,}4\,u\,l^3}.$$

(Siehe Theil I. Abth. III. Art. 156 und 169). Der Dampfdruck auf die Oberfläche des Dampfkolbens muß nun diesem Drucke gleich seyn, deshalb

$$0{,}7854\,D^2\,p = \frac{a\,k\,b\,d^3}{5{,}4\,u\,l^3},$$

und hieraus folgt

$$d^3 = 4{,}2412 \cdot \frac{u\,D^2\,l^3\,p}{a\,k\,b}.$$

Für Gußeisen muß die Quantität der Biegung sehr gering seyn, und setzt man dieselbe $\frac{1}{1000}$ der Länge, so hat man $a = 0{,}001 \cdot l$; da ferner $k = 1070$ und $u = 0{,}00083$ ist, so findet man:

Für einen Balancier aus Gußeisen

$$d^3 = 0{,}0033 \cdot \frac{D^2\,l^2\,p}{b} \quad \ldots \quad (17).$$

Digitized by Google

Wird der Druck bis auf das hier vorausgesetzte Aeußerste des Tragvermögens gebracht, so kann die Biegung $\frac{1}{350}$ der Länge l betragen, welche Biegung für ein gußeisernes Stück, welches abwechselnd bewegt werden soll, zu groß seyn wird, und endlich einen Bruch zur Folge haben muß.

Für Schmiedeeisen ist eine Biegung viel weniger nachtheilig, als für Gußeisen, und man kann die Größe $a = \frac{1}{850} \cdot l = 0{,}001175 \cdot l$ setzen; nimmt man ferner $k = 1600$ und $u = 0{,}000714$, so wird:

Für einen Balancier aus Schmiedeeisen

$$d^3 = 0{,}0016 \cdot \frac{D^2 l^3 p}{b} \quad \ldots\ldots (18)$$

Für das Eichenholz ist die Biegung unter derselben verhältnißmäßigen Belastung ungefähr dreimal größer, als diejenige des Gußeisens; aber bei der Abnahme der Qualität und bei einer abwechselnden Bewegung wird diese größere Biegung eine sehr nachtheilige Wirkung (auch auf die Bewegung der Maschine) hervorbringen. Man nehme sie also verhältnißmäßig viel geringer und setze sie auf ein $\frac{1}{750}$ der Länge des halben Balanciers, während bei einem größtmöglichen Druck dieser verhältnißmäßige Theil $\frac{1}{150}$ betragen kann. Setzt man deshalb für Eichenholz $a = 0{,}00133$, $k = 270$ und $a = 0{,}00232$, so bekommt man die Formel

$$d^3 = 0{,}02757 \cdot \frac{D^2 l^2 p}{b} \quad \ldots (19).$$

Diese Formel gilt jedoch allein unter der Voraussetzung, daß die Dicke des Balanciers von der Mitte nach den Enden abnimmt. Für einen eichenen Balancier von durchgängig gleicher Dicke hat man

$$d^3 = 0{,}0205 \frac{D^2 l^2 p}{b} \quad \ldots\ldots (20).$$

Digitized by Google

Wenn die eisernen Balanciers eine durchgängig gleiche Dicke hätten und mit keinen Leisten oder Rändern versehen werden, so müßte die Schwere dieser Stücke durch Berechnung ziemlich genau bestimmt werden können. Weniger genau ist diese Berechnung, wenn man die Verminderung der Dicke und die Gegenwart der Leisten zu berücksichtigen hat, und für eine Durchschnittsberechnung kann man nur annehmen, daß die Schwere solcher Balanciers $\frac{3}{4}$ der Schwere eines Balanciers von durchgängig gleicher Breite und Dicke ist.

Die totale Länge eines Balanciers ist 2 l niederländische Zolle; die Breite b Zolle, und nimmt man die Dicke nach Formel (14) und (16), so wird $\frac{3}{4}$ des Produktes dieser drei Dimensionen ziemlich genau den Kubikinhalt des Metalles des Balanciers in niederländischem Zollen ergeben. Das Gewicht von 1 niederländischem Zoll Gußeisen kann angenommen werden $= 0{,}00721$ niederländische Pfunde, und für Schmiedeeisen oder gewalztes Eisen beträgt dieses Gewicht 0,008 niederländische Pfunde. Mit diesen Zahlen wird man finden:

Die Schwere eines gußeisernen Balanciers:

$$= 0{,}001136\ D\,l\,\sqrt{b\,l\,p};$$

Die Schwere eines Balanciers aus Schmiedeeisen:

$$= 0{,}001\ D\,l\,\sqrt{b\,l\,p}.$$

Der Dampfdruck auf den Kolben ist $= 0{,}7854\ D^2\,p$. Wenn nun diese Zahl dividirt wird mit den Zahlen, welche die Schwere der Balanciers ausdrükken, so wird das Verhältniß der Schwere des Balanciers zum Dampfdrucke bekannt und man findet für dieses Verhältniß:

1) Für gußeiserne Balanciers:

$$0{,}001446\ \frac{l}{D}\sqrt{\frac{b\,l}{p}}.$$

Digitized by Google

2) Für schmiedeeiserne Balanciers:

$$0{,}001273 \frac{l}{D} \sqrt{\frac{b\,l}{p}}.$$

Wenn man nun annimmt, daß die Breite b $\frac{1}{40}$ der halben Länge des Balanciers beträgt, und daß diese halbe Länge dem $3\frac{1}{2}$fachen Durchmesser des Cylinders gleich ist, so wird das gewöhnliche Verhältniß für den gegossenen Balancier

$$= 0{,}00253\ D \sqrt{\frac{1}{p}}.$$

Aus dieser Formel ergibt sich: 1) daß die Last des Balanciers im Verhältniß zur Pfundezahl des Dampfdruckes auf den Dampfkolben um so geringer ist, mit je höherem Druck der Dampf wirkt; 2) daß diese Schwere verhältnißmäßig eine größte seyn wird, wenn der Dampf mit niederem Druck wirkt und die Maschine von sehr großem Kaliber ist. Nimmt man nun für einen sehr niedern Dampfdruck $p = 1$ und für eine Maschine von sehr großem Kaliber $D = 150$, so wird das oben erwähnte Verhältniß

$$= 0{,}00253 \cdot 150 = 0{,}39;$$

deshalb wird nach dieser Berechnung das Gewicht des Balanciers genau $\frac{2}{5}$ der Pfundezahl betragen, mit welcher der Dampfdruck auf den Dampfkolben wirkt.

Die Anwendung der einfachen Formeln (14), (15) und (16) erfordert keine umständliche Erläuterung. Um jedoch die Einzelnheiten kennen zu lernen, welche man bei diesen Anwendungen nicht aus dem Auge verlieren darf, ist es nöthig, daß die vornehmsten Fälle näher erwogen werden.

a. Wenn der Dampf mit niederem Druck wirkt, wird der Druck auf den niederländischen Quadratzoll nicht über 1,3 niederländische Pfunde betragen. Die Formeln (14), (15) und (16) werden dadurch für

diesen Fall (wenn man nämlich in denselben $p = 1{,}3$ setzt).

Für Balanciers aus Gußeisen:

$$d = 0{,}12\ D \sqrt{\frac{l}{b}} \quad \ldots\ldots \quad (21).$$

Für Balancier aus Schmiedeeisen:

$$d = 0{,}098\ D \sqrt{\frac{l}{b}} \quad \ldots\ldots \quad (22).$$

Für hölzerne Balanciers:

$$d = 0{,}31\ D \sqrt{\frac{l}{b}} \quad \ldots\ldots \quad (23).$$

Wenn man nun annimmt, daß von einem gußeisernen Balancier die Breite b dem 110sten Theile der ganzen Länge 2 l oder auch dem $\frac{1}{55}$ der halben Länge l gleich sey, so bekommt man $b = \frac{l}{55}$ und und $\frac{l}{b} = 55$; deshalb wird d nach Formel (21) ziemlich genau $= 0{,}9\ D$, d. h. die Dicke des Balanciers in der Mitte ist gleich $\frac{9}{10}$ des Dampfkolbendurchmessers. Ist eine solche Breite in einem andern Falle zu gering und kann sie z. B. nicht geringer angenommen werden als $\frac{1}{80}$ der ganzen Länge, oder $\frac{1}{40}$ der halben Länge, so findet man $d = 0{,}76\ D = \frac{19}{25}$ des Treibcylinder-Durchmessers, oder $\frac{7\frac{3}{5}}{10}$ dieses Durchmessers.

Unter diesen Bestimmungen sind nun die besondern Verstärkungsleisten und Ränder nicht mit begriffen, und diese tragen zur Stärke des Stückes sehr viel bei, so daß ohne dieselben eine sehr geringe Breite häufig unrathsam seyn würde. Man kann die Leisten, welche den Umfang des Balanciers ausmachen, auf verschiedene Weise gestalten, wie sich auch aus

Digitized by Google

den oben citirten erläuternden Figuren ergibt. Das Maas dieser Leisten in Breite und Dicke ist keiner bestimmten Regel unterworfen. Eine zu große Breite und Dicke würde jedoch zwecklos seyn, und in diesem Sinn wird eine Breite der Leisten gleich der doppelten Breite des Balanciers und eine Dicke der einfachen Breite gleich, meistentheils genügend seyn können. Sollte der Balancier eine besondere Verstärkung bedürfen wegen der Möglichkeit des Zurückwirkens der arbeitenden Theile oder der Last, so kann die Dicke der Leisten vergrößert werden, oder man kann auch die Breite vergrößern. Um eine geringere Breite des Balanciers zulassen zu können, wird sehr häufig eine durchlaufende Mittelleiste oder eine Rippe hinzugefügt; diese erstreckt sich von dem einen Ende des Balanciers bis zum andern und läuft also durch die Augen für die Befestigung der verschiedenen Bolzen (Fig. 487, 490—492, 494 ꝛc.). Die Ränder, welche um diese verschiedenen Augen liegen, dienen besonders zur Verlängerung oder Vertiefung dieser Augen, damit die eingeschlossenen Zapfen oder Bolzen auf eine gehörige Länge unterstützt und gegen Verschiebung ꝛc. gesichert werden. Der Bolzen, welcher in der größten Länge unterstützt oder eingeschlossen werden muß, ist der Bolzen des Balanciers. Für diesen ist eine Tiefe des entsprechenden Auges ausreichend, die dem dreifachen oder vierfachen Durchmesser des Bolzens gleich ist (dieser Durchmesser wird im folgenden §. bestimmt). Hierdurch wird die Ausbreitung des Balanciers in der Mitte (durch die hier erwähnten Ränder) bekannt, und für die Ausbreitungen um die Augen der übrigen Zapfen oder Bolzen kann das Doppelte oder höchstens das Dreifache (für den Zapfen der Kurbelstange und den vordern Zapfen des Parallelogrammes) der Durchmesser dieser Zapfen genommen werden.

Digitized by Google

Wenn die Zapfen der Kurbelstange und der Vorderstangen des Parallelogrammes an den Enden des Balanciers (Fig. 487, 488, 494, 495 ꝛc.) in Augen befestigt sind, so ist die ganze Länge des Balanciers von dem einen Ende bis zum andern so viel größer, als die Länge zwischen den Mittelpunkten der eben gedachten Zapfen oder Bolzen (welche Länge in den Berechnungen allein in Betrachtung kommt) um wieviel die Dicke des Balanciers an der Stelle dieser Bolzen in Anschlag zu bringen ist, und für diese Art von Einrichtungen sind die mitgetheilten Bestimmungen für die Leisten und Ränder ohne wesentliche Beschränkung gültig. Weniger anwendbar sind sie für den Fall, daß diese Zapfen oder Bolzen die Form von Büchsen (Fig. 500) haben, und daß sie um die zapfenförmigen Enden des Balanciers geschlossen sind (Fig. 490—492, 498, 500 Nr. 1 und 4). Die Dicke dieser zapfenförmigen Enden erfordert sodann eine besondere Bestimmung (siehe die folgenden Paragraphen), und die Dicke und Extension der Ränder der Enden des Balanciers müssen nun in Verhältniß gebracht werden zum Durchmesser der eben genannten Büchsen, so daß der Uebergang von den dickern Enden des Balanciers bis zu ihrer geringern Breite ganz unmerklich wird, oder mit zweckmäßigen Verstärkungen versehen ist.

b. Die gußeisernen Balanciers der Dampfmaschinen größter Art können bestehen aus zwei Stücken von gleicher Länge und Dicke, von denen jedes aber nur die halbe Breite besitzt und die übrigens zu einem Ganzen vereinigt sind, eben so wie die Theile der doppelten Balanciers mancher Dampfmaschinen auf Dampfschiffen (siehe z. B. Fig. 515). Dieses Verfahren wurde früher häufig angewendet, und man scheint zu demselben seine Zuflucht genommen zu haben, wenn das Gießen eines einzelnen Stückes von

dem hier vorausgesetztem schweren Kaliber wesentliche Schwierigkeiten hatte; oder weil der gute Erfolg des Gusses solcher Stücke bei größerer Leichtigkeit zuverlässiger war; oder weil man des bequemen Transportes und der Aufstellung der Maschine halber zwei Stücken von dem halben Gewichte vor einem einzigen Stücke von der doppelten Schwere den Vorzug geben mußte ꝛc. Solche Balanciers gewähren den Vortheil, etwas leichter zu seyn, als wenn sie aus einem einzigen Stück gegossen sind, weil durch die Entfernung beider Theile (und dieser Abstand sey wenigstens gleich der Dicke der Dampfkolbenstange), die Augen, in welchen die verschiedenen Zapfen befestigt werden müssen, keine besondern Ränder zur Ausbreitung bedürfen, und weil auch aus denselben Gründen die Leisten eine verhältnißmäßig geringere Breite und Dicke haben können. Manche der Stangen, wie z. B. die Pumpenstangen und die Kurbelstange können auch unmittelbar an die genannten Bolzen oder Zapfen, nämlich zwischen die beiden Theile des Balanciers gehangen werden, so daß auch diese Bolzen, da sie an beiden Enden befestigt und unterstützt sind, die geringste Dicke haben können. Die Sicherheit dieser Vortheile hängt jedoch ganz und gar ab von der Stärke der besondern Theile des Balanciers (nämlich davon, daß diese beiden Stücke gleich gut gegossen sind) und von ihrer gegenseitigen festen Verbindung, für welchen letztern Zweck sowohl die eben genannten Bolzen, als besondere Verbindungsbolzen dienen (vergleiche Fig. 495); und damit die gegenseitige Entfernung oder der Parallelismus der beiden Theile unveränderlich bleibt, werden zwischen dieselben 2 oder 3 flache Schließstücke befestigt. Die Dicke der beiden Stücke für diese Balanciers wird nach derselben Formel (21) berechnet; aber die Breite b wird nun die Summe der Breiten beider Stücke.

Digitized by Google

c. Es ist noch dieselbe Formel (21), welche auch in dem Falle des niederem Dampfdruckes angewenden muß, um die Dicke gußeiserner doppelter Balanciers (Fig. 512 und 513) zu berechnen, d. h. solcher Balanciers, von denen an jeder Seite der Maschine einer angebracht und jeder aus der Verbindung von 2 gleichen und ähnlichen Stücken entstanden ist. Die Breite eines jeden dieser Stücke braucht übrigens kein geringeres Verhältniß zur totalen Länge zu haben, als für einen einzigen Balancier (der aus einem einzigen Stück gegossen ist) angegeben worden ist. Deshalb wird die Summe der Breiten der vier Stücke verhältnißmäßig größer, und ihre Dicke in der Mitte (oder längs des Zapfens C Fig. 512) wird verhältnißmäßig weniger betragen, als diejenige eines einzigen Balanciers.

Wir wollen als Beispiel den Fall annehmen, in welchem ein Balancier für eine Dampfmaschine von niederem Druck berechnet werden soll, wenn der Lauf des Dampfkolbens $8\frac{1}{2}$ niederländische Palmen beträgt, während die horizontale Entfernung vom Mittelpunkte des Dampfcylinders bis zum Mittelpunkte der Bolzen des Balanciers 13 niederländische Palmen beträgt. Die Breite eines jeden Stückes des Balanciers kann nicht viel geringer als $2\frac{1}{2}$ niederländische Zoll angenommen werden. Deshalb ist die Summe der Breiten der vier Stücke der Balanciers = 1 niederl. Palm oder dem dreizehnten Theile der Länge der Hebelarme der Balanciers. Deshalb ist in Formel (21) $b = \frac{1}{13} l$ und $\frac{l}{b} = 13$, woraus man findet, daß $d = 0{,}433\ D$ oder höchstens $= \frac{4\frac{1}{2}}{10}$ des Durchmessers des Treibcylinders sey.

Diese Art von Balanciers werden auch wohl, um sich auf ihre Stärke desto besser verlassen zu kön-

Digitized by Google

nen, aus Schmiedeeisen verfertigt. Sie bestehen nämlich, wie oben bereits erwähnt worden, aus zusammengeschmiedeten Platten von gewalztem Eisen, welches bis auf die erforderliche Form des Balanciers abgehauen worden ist. Müssen solche Balanciers dem Kaliber der Maschine entsprechend, eine größere Breite bekommen, als die gewalzten Tafeln dick sind, so werden zwei Tafeln auf einander geschweißt, und um zu verhindern, daß sie sich nicht wieder von einander trennen, werden sie am Umfange noch mit Nietnägeln, wie auch die Tafeln der Dampfkessel zusammengenietet.

Gesetzt nun, es sollen für die Dampfmaschinen von niederem Druck in einem Dampfschiff die doppelten Balanciers aus gewalzten Eisen, und jedes Stück oder Blatt des Balanciers aus 2 zusammengeschweißten Blättern von 1 niederländischen Zoll Dicke verfertigt werden, so beträgt die Gesammtbreite der vier Stücke 8 niederländische Zoll, und bei einer Länge von 16 Palmen für die Arme oder halben Längen der Balanciers muß diese Breite $b = \frac{1}{20}$ der halben Länge l betragen. Deshalb wird die Formel (22) geben.

$d = 0{,}098\, D \sqrt{20} = 0{,}438\, D =$ beinahe $4\frac{1}{2}$ von $\frac{1}{10}$ D.

Sowohl von den gegossenen, als von den geschmiedeten doppelten Balanciers werden die beiden Stücken außer den Bolzen auch noch durch besondere Verbindungsbolzen zusammengehalten (siehe z. B. Fig. 114) und in der Ausfüllung der Zwischenräume mit hölzernen Schließstücken besitzt man ein einfaches, jedoch ausreichendes Mittel zu größerer Verstärkung und zu der Versicherung, daß die Blätter oder Stücke der Balanciers gegen Verbiegung gesichert sind.

299. **Hebel und Kniestücke.** Bei der Zu-

sammensetzung der Dampfmaschinen kommen sehr häufig Hebel oder kleine Balanciers und Arme vor, welche als Hebel wirken, und es kann nöthig seyn, daß man die Bestimmung der Dimensionen dieser Hebel, Balanciers oder Arme auf eine Berechnung der Stärke gründen muß. Hierzu dienen ähnliche Formeln als diejenigen, welche für die Berechnung der Dicke der Balanciers im vorigen Artikel angegeben worden sind.

Für Hebel der ersten Art ist es meistentheils ausreichend, daß man die Dimension des längsten Arms berechnet (siehe z. B. Fig. 85 Nr. 6, Fig. 530, 532, 534 ꝛc.). Die Kraft oder Last, welche auf das Ende dieses Armes drückt, muß offenbar dem Maase nach, d. h. der Quantität des Druckes nach bekannt seyn, oder aus den Umständen, aus dem Effekt oder aus sonst einer Quelle abgeleitet werden können. Und wenn verschiedene Lasten auf diesen Arm drükken, so müssen die Quantitäten dieser Drucke nach den bekannten Regeln für dieses Ende des Hebelarmes berechnet werden. Man setze diesen Druck = M niederländische Pfunde. Je nach der mehr oder weniger geschwinden, abwechselnden Bewegung des Hebelarmes und dem größern oder geringern ausgeübten Druck entsprechend, muß die Größe M in einem größern oder geringerm Verhaltniß vermehrt werden, damit der Hebel das erforderliche Uebermaas der Stärke besitze. Wenn z. B. die Voraussetzung einer Verdoppelung des Druckes M für hinlänglich erachtet wird, wenn ferner die Länge des Hebelarmes, die gleichförmige Breite und Dicke am Drehungspunkt bezeichnet werden durch l, b und d, so wird man bekommen,

Für Hebel aus Gußeisen:

$$d^2 = 0{,}01122 \cdot \frac{M\,l}{b} \quad . \quad . \quad . \quad (24).$$

Für Hebel aus Schmiedeeisen:

$$d^2 = 0{,}0075 \frac{M l}{b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Diese Formeln gelten besonders für Hebel oder Arme von durchgängig gleicher Breite und ohne Leisten. Letztere können immer zu größerer Verstärkung zugesetzt werden; und wenn man durch dieselben die Form des Hebels speciell bestimmen wollte, so könnte man dieses so berechnen, daß man entweder die Vermehrung des Druckes M kleiner seyn ließe (z. B. anderthabfach statt zweifach), oder daß man die Berechnung auf Formeln gründete, welche specieller für diesen Fall anwendbar sind (vergleiche z. B. die Formel XI, welche im I. Theil in der III. Abth. Art. 150 mitgetheilt ist).

Von Hebeln der zweiten oder dritten Art (Figur 85 Nr. 4, Fig. 531 ꝛc.) kann die Stärke berechnet werden, indem man sie als Stücke betrachtet, welche an beiden Seiten unterstützt und irgendwo in der Mitte belastet sind oder gedrückt werden (vergleiche Theil I. Abth. III. Art. 144 und 169). Kürzer aber geht man zu Werke, wenn man blos die Stärke desjenigen Theiles des längsten Hebelarmes berechnet, welcher zwischen dem Ende und dem Verbindungspunkte der Kraft, oder der Last in der Mitte liegt, und dieser Theil muß also betrachtet werden als ein Hebel der ersten Art. Für den Hebel E D F Fig. 531, mit welchem der Kolben einer Luftpumpe bewegt werden soll, bestimme man deshalb den Widerstand, welcher zur Bewegung dieses Kolbens überwunden werden muß, und diesen Widerstand betrachte man als eine Last, welche an dem Ende F eines Hebels der ersten Art hängt, der seinen Unterstützungs- oder Drehungspunkt im Punkte B hat; weshalb D F der gedachte Theil des längsten Hebelarmes E F ist.

Wenn man von diesem Arm die Dicke berechnet, so ist dieses die Dicke bei dem Punkt **D**; bei dem Punkte **E** kann die Dicke eben so viel betragen, aber eine halbe Dicke oder $\frac{2}{3}$ der Dicke ist an diesem Punkte auch ausreichend (vergl. Fig. 85 Nr. 4).

Der Balancier der Dampfmaschine nach **Evans** Einrichtung (Fig. 78) ist in seiner Wirkung auch ein Hebel der zweiten Art, dessen Dimensionen mit Hilfe der Formeln (14) oder (15) ebenfalls berechnet werden können. Soviel man weiß, erfährt der Stützpunkt eines Hebels der zweiten Art einen geringern Druck, als der Stützpunkt eines Hebels der ersten Art; dieser Umstand ist besonders vortheilhaft, wenn der Stützpunkt oder Drehungspunkt beweglich ist, so wie derjenige des eben genannten Balanciers, und er kann auch betrachtet werden als einer der Gründe, weshalb die Kurbelstange **L L** zwischen der Stützstange **D D** und der Dampfkolbenstange **a** angebracht ist.

Arme von Wellen, die zur abwechselnden Drehung dieser Wellen dienen, können ebenfalls als Hebelarme betrachtet werden.

Da gebogene Hebel (Fig. 533 Nr. 2) im Effekt nicht differiren von gewöhnlichen geraden Hebeln der ersten Art, so können auch dieselben Formeln zur Berechnuug der Stärke der Arme benutzt werden. Aber wenn die Stärke dieser Art von Hebeln vergrößert wird durch eine besondere Verbindung der Arme (Fig. 533 Nr. 1 und auch Fig. 80), so daß der Hebel ein Kniestück wird, so muß die Berechnung der Stärke auf andere Grundsätze basirt werden. Man betrachte nämlich das Kniestück als ein sogenanntes offenes Stück, dessen Dimensionen berechnet werden könen durch die Formel **XII**, welche mitgetheilt worden ist in Theil **I**, Abth. **III**, Art. 150. Man kann jedoch noch einen andern

Digitized by Google

Weg einschlagen; denn wenn man die Kraft oder den Widerstand, welche im Punkte F wirkt (Fig. 533 Nr. 1), zerlegt in die Richtungen FD und FE, so wird man finden, daß bei der abwechselnden Bewegung des Kniestückes die Stärke der Theile EF, DF hinlänglich seyn müsse, um in der Richtung ihrer Länge den genannten zerlegten Drucken, ohne sich zu biegen, Widerstand entgegenzusetzen. Hierdurch läßt sich auch besser begreifen, warum ganz ähnliche Stücke ohne bedeutend große Erschwerung ungemein verstärkt werden, wenn man sie mit Leisten versieht (so daß der Durchschnitt von EF oder von DF die Form des Buchstabens T hat), und wenn die Theile DF und EF noch verbunden werden durch Rippen, oder Streben, welche abwechselnd rechtwinklig auf EF und DF gerichtet sind.

300. Querhäupter. Sehr mannichfach ist der Gebrauch von Querhäuptern bei Dampfmaschinen, entweder um Dampfkolbenstangen mit den niedersteigenden Stangen der Balanciers oder der Kurbeln zu verbinden, oder um aufsteigende Kurbelstangen mit den Balanciers zu verbinden, oder um Schubladen- oder Ventilstangen mit den niedersteigenden Stangen zu verbinden, durch deren Vermittelung die Bewegung den Dampfschubladen, den Dampfventilen ꝛc. mitgetheilt wird. In den Figuren 79, 80, 84, 88, 89, 91, 114, 115, 116, 124, 436—441, 465 hat man Beispiele der Anwendung solcher Querhäupter. Sie sind entweder aus Schmiedeeisen oder aus Gußeisen; ihr Durchschnitt ist rund oder flach d. h. dicker als breit (siehe z. B. in Fig. 79 Nr. 2 die Querhäupter KK und F′F′). Große oder schwere runde Querhäupter werden gegossen; platte Querhäupter für Stangen von Dampfkolben- oder Luftpumpenkolben ꝛc. werden lieber aus Schmiedeeisen, als aus Gußeisen gefertigt; dünnere Quer-

häupter, wie z. B. diejenigen der Stangen der Dampfschubladen, der Dampfbüchsen, der Dampfschieber ꝛc. können einfach aus Stangeneisen gefertigt werden. Diese Querhäupter sind der größern Leichtigkeit und des bessern Ansehens halber in der Mitte dicker als an den beiden Enden, welche meistentheils zapfenartig seyn müssen, d. h. auf der Drehbank abgedreht, um von den Augen oder den metallenen Stücken der niedersteigenden Stangen oder der Verbindungsstangen umschlossen werden zu können. Die Dicke dieser Zapfen kann man bestimmen durch die Formeln, welche in den folgenden Paragraphen angegeben werden sollen.

Um die Dicke von Querhäuptern zu berechnen, kann man diese Stücke betrachten als an den beiden Enden unterstützt und in der Mitte belastet, oder gedrückt; jedoch kann auch (und diese Berechnung ist einfacher) die Hälfte des Querhauptes betrachtet werden als ein Stück, welches befestigt und an dem freien Ende belastet ist. Nennt man den Druck auf die beiden Enden des Querhauptes M, die durchlaufende Breite b, die Dicke an der Mitte d, die totale Länge l und den Zusammenhang des Stoffes auf den niederländischen Quadratzoll (sofern dieser Zusammenhang ohne Verminderung der natürlichen Federkraft besteht) k, so hat man die beiden folgenden Formeln:

1) Für platte Querhäupter,

$$d^2 = \frac{3\,M\,l}{k\,b}.$$

2) Für runde Querhäupter, wenn d der Durchmesser in der Mitte ist

$$d^3 = \frac{5{,}1 \cdot M\,l}{k}.$$

Man findet hierdurch:

Für platte Querhäupter von Gußeisen,

$$d = 0{,}053 \sqrt{\frac{M\,l}{b}} \quad \ldots \quad (26),$$

Digitized by Google

Für platte Querhäupter von Schmiedeeisen,

$$d = 0{,}0433 \sqrt{\frac{M l}{b}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27).$$

Für runde Querhäupter von Gußeisen,

$$d = 0{,}168 \sqrt[3]{M l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28).$$

Für runde Querhäupter aus Schmiedeeisen,

$$d = 0{,}147 \sqrt[3]{M l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29).$$

Alles kommt deshalb nur auf die Kenntniß des Druckes an, der an den Enden des Querhauptes ausgeübt wird und in solchem Uebermaas vermehrt wird, als man je nach der mehr oder weniger regelmäßigen, mehr oder weniger geschwinden, sanfteren oder plötzlicheren Bewegung des Theiles, mit welchem das Querhaupt verbunden ist, für nöthig erachtet.

Die Querhäupter der Dampfkolbenstangen haben an den beiden Enden den halben Druck zu tragen, welcher durch die Dampfkolbenstange mitgetheilt wird. Dieser Druck ist derjenige des Dampfes auf den Dampfkolben. Ein anderthalbfaches Uebermaas der Stärke ist hier ausreichend, sobald der Dampfdruck der größtmögliche ist. Deshalb ist ist nun $M = 0{,}7854\ D^2 \cdot 1\frac{1}{2}\ p$, wenn **D** der Durchmesser des Dampfcylinders und p der Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll ist.

Wie viel beträgt z. B. die Dicke des schmiedeeisernen Querhauptes einer Dampfkolbenstange für eine Dampfmaschine von niederem Druck, die einen Dampfcylinder von 70 niederländischen Zollen Durchmesser besitzt, während das Querhaupt zwischen den beiden niedersteigenden Stangen eine Länge von 100 Zoll und eine hinlänglich gleichförmige Breite von 5 niederländischen Zollen besitzt?

Digitized by Google

Nach der Formel (27) hat man

$$d = 0{,}0433 \sqrt{\frac{0{,}7854\, D^2 \cdot 1\frac{1}{2} \cdot p \cdot l}{b}},$$

$l = 100$, $D = 70$, $b = 5$, $p = 1{,}3$; deshalb $d = 0{,}0433 \cdot 70 \cdot 10 \sqrt{0{,}3103} = 30{,}31 \times 0{,}55 =$ 16,8 niederl. Zolle.

Soll das Querhaupt dazu dienen, um die Balanciers Fig. 114 und 115 mit der Kurbelstange zu verbinden, so muß das Uebermaas der Stärke wegen der veränderlichen Bewegung und Wirkung der Kurbelstange, woran das eben gedachte Querhaupt Theil nimmt, größer genommen werden. Dieses Uebermaas sey zum wenigsten das Doppelte, und mit denselben Angaben, wie oben, findet man für die Dicke des platten schmiedeeisernen Querhaupts der Kurbelstange ungefähr 20 niederländische Zolle.

301. Kurbeln. Es gibt beinahe keinen Theil einer Dampfmaschine, dessen Stärke von größerem Belang ist, als denjenigen der Kurbel, welche dazu dient, um mit oder ohne Hilfe eines Balanciers die auf den Dampfkolben ausgeübte Kraft auf eine Betriebswelle fortzupflanzen. Die Kurbel ist eigentlich eine Speiche, mit welcher die genannte Welle in Umdrehung versetzt wird; da nun die Länge der lothrechten Linie, welche aus dem Mittelpunkte der Welle auf die Richtung der Kurbelstange gezogen wird, sich unaufhörlich verändert und bei jedem vierten Theile einer Umdrehung von Null bis zu einer Länge, die dem halben Laufe des Dampfkolbens gleich ist, anwächst, oder von dieser Länge wieder bis zu Null abnimmt, so ist das Vermögen der Kraft auf eine sehr veränderliche Weise wirksam, die Welle fortwährend zu drehen. Dieses Vermögen ist zugleich sehr veränderlich, und obgleich die Bewegung selbst durch die Wirkung des Schwungrades beinahe regelmäßig seyn kann, so dauern die hier erwähnten, sehr ver-

Digitized by Google

änderlichen Wirkungen und Drucke beständig fort, und es wird keines Beweises bedürfen, daß eine Kurbel, welche auf eine so veränderliche oder ungleichmäßige Weise geschubt und gezogen wird, ein ansehnliches Uebermaas von Stärke haben müsse.

Wenn der Effect der Kraft, die zur Umdrehung der Kurbel auf die Kurbelwarze wirkt, eher demjenigen eines Stoßes, als demjenigen eines weniger plötzlich sich verändernden Druckes verglichen werden muß, so können die Theil II. Abth. II. Art. 29 angegebenen Formeln sehr gut benutzt werden, um die Dimension schmiedeeiserner oder gußeiserner Kurbeln in der Dicke oder in der Breite zu bestimmen. Da jedoch die erste Art der Vergleichung mit der Wahrheit weniger übereinstimmend zu seyn scheint, als die zweite, so dürften auch die Ergebnisse dieser Formeln in den meisten Fällen zu groß erfunden werden, und statt derselben würden hier, wie auch zur Bestimmung der Stärke der Balanciers, der Querhäupter ꝛc. einfachere Formeln benutzt werden können, die nicht verschieden sind von den gewöhnlichen Formeln für das Tragvermögen befestigter Stücke, die eine dreioder vierfache Stärke besitzen.

Es ist besonders die hinlängliche Breite einer Kurbel, welche durch eine Berechnung festgestellt werden muß. Die Länge und die Dicke können als gegeben betrachtet werden. Die Länge ist die Entfernung vom Mittelpunkte der Welle bis zum Mittelpunkte der Kurbelwarze, und diese ist gleich der halben Extension des Dampfkolbenlaufes, oder so viel weniger, als die Extension der Bewegung der Kurbelstange kleiner, als diejenige des Dampfkolbens seyn mag.

Die Dicke des Endes B Fig. 527, Nr. 1, welches um das Ende C der Welle geschlossen wird, muß wenigstens auf das anderthalbfache bis auf das 1¾-

fache (je nach der größern oder geringern Schwere) der Dicke des Endes der Welle C gesetzt werden, und unter der Dicke dieses Endes wird hier verstanden der Durchmesser, wenn die Welle rund ist, oder die Diagonallinie, wenn das genannte Ende viereckig ist. Dieser Durchmesser oder Diagonallinie ist bestimmt durch die Dicke des Halses der Welle C; für die Berechnung derselben findet man die Regeln im folgenden Paragraphen, so daß die Dicke der Kurbel an dem befestigten Ende als gegeben betrachtet werden darf. Gleichwohl ist das so eben angegebene Maas oder Bestimmung nicht anwendbar auf solche Kurbeln, welche entweder an die Wellen geschmiedet sind (Fig. 86, 89, 91, Fig. 98 GH oder Fig. 114 und 115 Z), oder welche als die Krummzapfen einer Welle betrachtet werden müssen und deshalb in die Wellen geschmiedet, oder mit denselben aus einem Stücke gegossen sind (siehe z. B. Fig. 85); denn bei diesen Kurbeln differirt die Dicke an dem befestigten Ende häufig in gar nichts von der Dicke der Welle.

Die Dicke des freien Endes A Fig. 527 kann ebenfalls regulirt werden nach der Dicke der Kurbelwarze f (siehe den folgenden Paragraph), und sie ist meistentheils doppelt so stark, als letztere, wenn nämlich die Kurbel geschmiedet ist, und wenn auch die Warze in derselben befestigt ist.

Die Breite hi des befestigten Endes B muß meistentheils der Dicke der Welle gleich seyn, da eine geringe Breite an diesem Punkte sehr zum Nachtheile des unverrückbaren Schließens der Kurbel um das Ende der Welle sich bewähren würde. Aus demselben Grunde muß für die feste Einschließung der Kurbelwarze fk die Breite des freien Endes A zum wenigsten dem Durchmesser der Kurbelwarze gleich und lieber noch größer seyn, z. B. = der Länge der Kurbelwarze. Aber die Breite zwischen den beiden

genannten Enden A und B wird viel geringer, und eben diese Breite ist es, welche man durch Berechnung bestimmen kann. Jedoch kann die Breite von Kurbeln nicht wohl anders als durchgängig gleich, oder beinahe gleich seyn (mit Ausnahme des befestigten Endes, dessen Breite in dem oben ausgedrückten Verhältniß immer größer seyn müßte [siehe z. B. die Figuren auf Taf. XXIV.]) und es ist alsdann diese hinlänglich gleiche Breite, welche durch die Berechnung bekannt wird. Da bei dem Gießen von Stücken viel weniger, als bei dem Schmieden die Form oder Gestalt willkürlich ist, so kann auch die genannte Breite verhältnißmäßig geringer seyn; um aber nun die breiteren Enden A und B gehörig zu verbinden, unterläßt man es selten, die Kurbel an der Hinterseite mit einer von B bis A durchlaufenden Rippe zu verstärken. Die Breite dieser Rippe nimmt zu von dem freien Ende A bis zu dem befestigten Ende B; aber die Dicke ist durchgängig dieselbe und sie kann ungefähr $\frac{1}{4}$ von der kleinsten Dicke betragen, welches die Dicke am Ende A ist. Uebrigens können diese Angaben Modificationen unterliegen je nach der Art und Weise der Wirkung oder Gegenwirkung des Widerstandes, welcher bei der Bewegung der Welle überwunden werden muß, wie auch der besondern Gestalt oder der besondern Form des Kurbeldurchschnitts entsprechend; denn dieser kann verschieden seyn (man vergl. in dieser Beziehung die Figuren mit einander).

Die Formeln zur Bestimmung der Breite der Kurbeln können dieselbe Grundlage haben, als diejenigen, welche für die Berechnung der Stärke der Balanciers und der Hebelarme angegeben worden sind. Nur wird das Uebermaas der Stärke größer und zwar vierfach vorausgesetzt. Sie verhalten sich also: man setze den Durchmesser des Dampfkolbens = D

niederländische Zolle; den Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll = p niederländische Pfunde; die Länge der Kurbel, d. h. die Entfernung zwischen den Mittelpunkten der Welle und der Kurbelwarze = R; endlich die Breite b und die Dicke über dem Kreuze der Welle, oder in einer Richtung, welche längs der Welle läuft, = d Zolle: so hat man

Für gußeiserne Kurbeln,

$$b = 0{,}01764 \frac{D^2 p R}{d^2}; \quad \ldots \quad (30).$$

Für den Fall des niedern Dampfdruckes

$$b = 0{,}02292 \frac{D^2 p R}{d^2};$$

Für schmiedeeiserne Kurbeln,

$$b = 0{,}01176 \frac{D^2 p R}{d^2}; \quad \ldots \quad (31).$$

Und wenn der Dampf mit niederem Drucke wirkt

$$b = 0{,}01530 \frac{D^2 p R}{d^2}.$$

Diese Formeln sind auch anwendbar auf die Fälle, in welchen eine Betriebswelle mit zwei oder mit vier Kurbeln umgedreht wird, oder wenn sie eine oder zwei Krummzapfen hat (Fig. 80, 82, 85, 86 bis 91, 114, 436, 440, 441). Die durch Berechnung gefundene Breite muß alsdann nur auf die zwei oder vier Kurbeln vertheilt werden; hierdurch werden diese Kurbeln verhältnißmäßig stärker als eine einzelne Kurbel, weil die Dicke und die Dimensionen der Rippen hinlänglich sich gleich bleiben müssen.

Wenn eine Kurbel nicht benutzt wird, um das ganze Vermögen des Dampfes auf eine Welle fortzupflanzen, sondern daß sie nur vorhanden ist, um die Welle eines Schwungrades (Fig. 494) zu treiben, oder eine langsame rotirende Bewegung mitzutheilen, oder Pumpen, Hähne ꝛc. in Thätigkeit zu setzen, als-

Digitized by Google

dann ist eine verhältnißmäßig geringere Stärke ausreichend. Einiges Uebermaas der Stärke ist in jedem Fall erforderlich; wenn aber der Widerstand gering ist und die Bewegung mit keiner großen Geschwindigkeit fortschreitet, so ist eine anderthalbfache Stärke meistens hinlänglich. Es sey der Druck oder die Kraft, welche auf das Ende der Kurbel ausgeübt wird, M niederländische Pfunde, und die Stärke sey nfach, so ist

für Gußeisen, $b = 0{,}0056 \cdot \frac{nMR}{d^2}$ . . . (32).

Für Schmiedeeisen $b = 0{,}00375 \cdot \frac{nMR}{d^2}$. (33).

Zur Verstärkung einer gußeisernen Kurbel, mit welcher eine Welle ohne sehr veränderlichen Widerstand getrieben werden muß, kann man ein Band um dieselbe schmieden. Größere Empfehlung verdient jedoch die Anwendung eines Rades (Fig. 78 M und Fig. 439), oder einer gußeisernen Scheibe (Fig. 463 und 528), sobald die letztere, wenn sie mit Rippen verstärkt werden und also Theile von sehr ungleicher Dicke haben muß, mit Sorgfalt gegossen wird. Eine solche Scheibe bedarf nur einer geringen Dicke, um die erforderliche Stärke zu besitzen; und streng genommen muß die Dicke hinlänglich seyn, bei welcher der Inhalt des mittlern Querdurchschnitts gleich ist dem Inhalte des Querdurchschnitts an dem befestigten Ende der Kurbel, an deren Stelle die Scheibe angewendet wird. Jedoch kann diese Dicke alsdann zu gering seyn, als daß man auf den guten Erfolg des Gießens bauen könnte, und es ist deshalb gerathen, diesen letztern Umstand zur Grundlage anzunehmen. Die Tiefe der Nabe der Scheibe sey wenigstens gleich dem Durchmesser der Welle, auf deren Ende sie aufgezogen ist. Der Größe der Scheibe ent-

Digitized by Google

sprechend, werde sie an der Hinterseite mit 4 bis 8 Rippen verstärkt. Diese Rippen verbinden die Nabe mit der Scheibenfläche und unterstützen dieselbe gegen die Nabe; alsdann haben sie eine Dicke gleich der Länge oder der Tiefe der Nabe, und diese Dicke nimmt ab, bis zum Umfang der Scheiben; die Breite kann vom Umfang bis zur Nabe von $1\frac{1}{2}$ Zoll bis 2 und $2\frac{1}{2}$ niederländische Zoll vermehrt werden; eine der Rippen liege in der Richtung des Auges, in welches die Warze für die Kurbelstange eingesetzt werden muß.

§. III.

Ueber die Stärke der Bolzen, Warzen, Achsen und Hälse der Achsen.

302. **Bolzen und Warzen.** Man kann die Bolzen und Warzen, welche in der Zusammensetzung der Dampfmaschine vorkommen, hinsichtlich der Bestimmung der Stärke unterscheiden, je nachdem sie an beiden Enden unterstützt werden, oder an dem einen Ende, oder je nachdem sie an beiden Enden befestigt sind.

Wenn die Last oder der Druck, welchem ein Bolzen oder ein kurzes cylindrisches Stück aus Guß- oder Schmiedeeisen Widerstand entgegensetzen muß, ausgedrückt wird durch M; die Dicke des Bolzens oder sein Durchmesser durch d; die Länge von dem Punkte gerechnet, welcher den Druck erfährt, bis zu dem Punkte der Befestigung oder Unterstützung l, so hat man folgende Formeln:

a) Bolzen, welche mit einem Ende befestigt sind:

$$\text{Für Gußeisen } M = 105\,\frac{d^3}{l} \quad . \quad . \quad . \quad (34).$$

$$\text{Für Schmiedeeisen } M = 160\,\frac{d^3}{l} \quad . \quad (35).$$

Digitized by Google

b) Bolzen, welche an beiden Enden unterstützt werden:

Für Gußeisen $M = 420 \frac{d^3}{l}$ . . . (36).

Für Schmiedeeisen $M = 640 \frac{d^3}{l}$. (37).

c) Bolzen, welche an beiden Enden befestigt sind:

Für Gußeisen $M = 840 \frac{d^3}{l}$ . . . (38).

Für Schmiedeeisen $M = 1280 \frac{d^3}{l}$. (39).

Wenn diese Bolzen nur Druck zu leiden haben, oder eine sanfte Bewegung theilen, bedürfen sie kein größeres Uebermaas der Stärke, als was durch die Formeln bereits gewährt wird und wobei man versichert ist, daß der Zusammenhang des Stoffes auf keine nachtheilige Weise afficirt werden könne. Aber ein größeres Uebermaas wird erforderlich, wenn die Bolzen mit bedeutender Geschwindigkeit abwechselnd bewegt, oder wenn sie mit Stößen oder Rucken gezogen werden ꝛc.

303. A. Bolzen von Balanciers. Die Balanciers von Dampfmaschinen drehen sich um Bolzen, welche in der Mitte dieser Balanciers sitzen und mit ihnen beweglich sind; oder die Balanciers drehen sich um befestigte Bolzen, wie es z. B. der Fall ist mit den doppelten Balanciers einiger Dampfbootmaschinen von niederem Druck (Fig. 114 und auch 123 bei P, Q).

Im ersten Fall ist der Balancier auf zwei Zapfen beweglich, und diese Zapfen sind die cylindrisch abgedrehten Enden des kegelförmigen oder pyramidenförmigen, gußeisernen oder schmiedeeisernen Stücks, welches durch die Mitte des Balanciers gesteckt und mit demselben unverrückbar befestigt ist. Man gibt

nämlich diesem Stücke, größerer Stärke halber, in der Mitte eine größere Dicke, als an den Enden (Fig. 43, Nr. 3 I, I). Manchmal ist es vom Balancier bis an die Enden achteckig pyramidalisch, doch meistentheils konisch; die Mitte dieses Bolzens, welche im Balancier befestigt wird, ist entweder cylindrisch und wird mit zwei Stiften in der runden Oeffnung der Mitte des Balanciers festgeschlossen, oder sie ist rechtwinklig, so daß die größte Seite des Rechtecks eine vertikale Richtung hat. Wenn dieser Bolzen aus Eisen geschmiedet wird, so kann er weniger dick seyn, als wenn er aus Gußeisen besteht. Größerer Kostbarkeit halber wendet man jedoch einen gußeisernen Bolzen nur in dem Fall an, wo die Umstände dieses gebieten, und bei Maschinen von großem Kaliber ist dieser Gebrauch noch mehr beschränkt.

Der Druck, den solche Bolzen zu leiden haben, besteht in dem Dampfdruck an der einen Seite, in dem Gegendrucke der Last an der andern Seite und in der Schwere des Balanciers und der an demselben hängenden Theile. Wenn der Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll p Pfunde beträgt, und D den Durchmesser des Dampfcylinders bezeichnet, so ist der Dampfdruck $= 0{,}7854\ D^2\,p$.

Den Gegendruck der Last nehme man eben so groß an, als den Dampfdruck, obschon er immer kleiner seyn muß. Die Schwere des Balanciers und der daran hängenden Theile ist mit dem Kaliber der Maschinen sehr veränderlich und kann nicht auf eine allgemeine und zugleich einfache Weise ausgedrückt werden; jedoch ist sie immer proportional einem gewissen Theile des Dampfdrucks auf den Dampfkolben. Darum kann im Allgemeinen der Druck, den die Zapfen des Balanciers müssen aushalten können, ausgedrückt werden durch

$$0{,}7854\ D^2\,n\,p.$$

Digitized by Google

Man setze also in den Formeln (36) und (37) $M = 0{,}7854\ D^2\,np$, so findet man

für gußeiserne Zapfen, $d = 0{,}1222\sqrt[3]{D^2 \cdot lnp}$
für schmiedeeiserne Zapfen, $d = 0{,}1071\sqrt[3]{D^2 \cdot lnp}$ (40)

Mit Ausnahme des Falles, daß Stöße oder eine plötzliche Zurückwirkung stattfinden können, ist hier kein besonderes Uebermaas erforderlich, weil die Bewegung des Zapfens eines Balanciers sanft ist und auch für den Dampfdruck p der äußerste Druck angenommen wird, der nur vorhanden seyn kann, wenn der Dampfkolben die Mitte seines Laufs erreicht hat. Dieser Druck kann deshalb dem im Kessel bestehenden beinahe gleich kommen, wenn man für hohen und mittlern Druck den Gegendruck an der andern Seite des Kolbens abzieht.

Um z. B. die Dicke des Zapfens eines Balanciers für eine Dampfmaschine für niederen Druck zu berechnen, nehme man einmal an, daß die Schwere des Balanciers und der anhängenden Theile gleich sey dem halben Dampfdruck auf den Kolben, so ist $n = 2\frac{1}{2}$ (weil der proportionale Druck des Dampfs und der Last zusammen durch die Zahl 2 dargestellt werden können). Man nehme ferner an, daß die Länge des Zapfens oder Bolzens von einem Ende bis zum andern gleich sey dem Durchmesser des Dampfcylinders oder $l = D$, und ferner $p = 1{,}3$, so findet man:

die Dicke eines gußeisernen Bolzens $= 0{,}18\ D$
$=$ ungefähr $\frac{3}{17}\ D$,
die Dicke eines schmiedeeisernen Bolzens $= 0{,}16\ D$
$=$ ungefähr $\frac{5}{31}\ D$.

Diese Dicke ist in der Voraussetzung berechnet, daß der Bolzen zufällig an beiden Enden zu tragen bekommt und daß die Dicke in der ganzen Länge des

Digitized by Google

Bolzens sich gleich bleibt. Das erste ist sehr unwahrscheinlich, da die Länge der beiden cylindrischen Zapfen in den metallenen Pfannen der Stühle wenigstens gleich der Dicke d oder lieber $= 1\frac{1}{4}$ d seyn muß. Letzteres findet nicht statt, da die Dicke in der Mitte wenigstens der anderthalbfachen Dicke an den beiden Enden gleich ist. Beide Voraussetzungen sichern also das Resultat der Berechnung, und so ist es unnöthig, daß man auf die Verminderung der Stärke Rücksicht nehme, welche eine Folge der Abnutzung ist.

Wenn der Druck der Zapfen auf ihre Pfannen oder Zapfenlager gleich ist dem $2\frac{1}{2}$fachen Dampfdruck, oder dem 3fachen Dampfdruck (um den Seitendruck während der Bewegung mit in Rechnung zu bringen), und wenn die Reibung zu $\frac{1}{8}$ des Drucks gerechnet wird, so ist der Widerstand am Umfange der Zapfen $= \frac{3}{8}$ des Dampfdrucks. Der Hebelarm dieses Widerstandes ist der Radius des Zapfens und im Durchschnitte $= \frac{1}{12}$ D (für niedern Dampfdruck); die halbe Länge des Balanciers ist der anderthalbfachen Länge des Kolbenlaufs gleich, und wenn dieser z. B. $= 2\frac{1}{3}$ D ist, so wird der Hebelarm der Kraft um den genannten Widerstand der Reibung zu überwinden $= 3\frac{1}{2}$ D seyn. Folglich wird der Verlust an Kraft in Folge der Reibung genau $\frac{3}{8} \times \frac{1}{12} : \frac{7}{2}$ d. i. $\frac{1}{112}$ des größten Dampfdrucks auf den Kolben betragen können.

Die Zapfen der Balanciers, welche sich an der Seite des Treibcylinders, oder unter demselben drehen (Fig. 114, 512 — 516), sind mit einem Ende befestigt; sie bestehen aus Gußeisen, ihre Länge l ist ungefähr der anderthalbfachen Dicke d gleich, und wenn zwei Balanciers vorhanden sind, so kann man rechnen, daß jeder Zapfen einen Druck erfährt, welcher im äußersten Falle gleich ist dem anderthalbfachen Drucke des Dampfs auf den Dampfkolben.

Digitized by Google

Deshalb ist nach Formel (34)

$$0{,}7854\ D^2 \cdot \tfrac{3}{2}\ p = 105 \cdot \frac{d^3}{\frac{3}{2} d}.$$

Hieraus ergibt sich $d = 0{,}13\ D \sqrt{p}$ . . (41).

B. Zapfenförmige Enden und Zapfen der Büchsen für die Enden der Balanciers. Wenn ein Balancier versehen ist mit zapfenförmigen Enden A Fig. 500, Nr. 1, so müssen diese Enden, an und für sich betrachtet, hinlängliche Stärke besitzen, um den ganzen Dampfdruck in den abwechselnden Richtungen der Bewegung ertragen zu können. Durch diese abwechselnde Richtung der Bewegung wirkt der Druck sehr nachtheilig auf die genannten Zapfen, und sie bedürfen ein reichliches Uebermaas von Stärke. Wenn die Bewegung langsam ist, wird die Berechnung der Dicke durch die Formel (41) ein genügendes Resultat geben. Bei geschwindern Abwechselungen der Bewegung, bei größerem Druck und bei der vorhandenen Möglichkeit der Zurückwirkung muß man in Betreff des erwähnten Uebermaases auf einen doppelten Druck rechnen. Hierzu benutze man die Formel

$$d = 0{,}15\ D \sqrt{p} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (42).$$

Die Büchsen B Fig. 500, Nr. 2, welche auf die zapfenförmigen Enden der Balanciers gesetzt werden, sind aus Gußeisen; jeder der Zapfen C dieser Büchse muß den halben Dampfdruck aushalten, und die Dicke derselben werde (in der Voraussetzung der doppelten Stärke) bestimmt durch die Formel

$$d = 0{,}1\ D \sqrt{p} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (43).$$

Für Dampfmaschinen von niederem Druck ist $p = 1{,}3$, und d wird $= 0{,}114$ D, also reichlich $\frac{1}{9}$ des Treibcylinderdurchmessers. Die Länge dieser Zapfen zwischen den Brüsten muß wenigstens $\frac{1}{4}$ größer, als die Dicke seyn; aber sie wird offenbar nach

der Breite der metallenen Stücke der Bänder oder Vorderstangen des Parallelogramms regulirt.

C. Bolzen für Parallelogramme und Kurbelstangen. Der untere Vorderbolzen eines gewöhnlichen Parallelogramms trägt in der Mitte die Dampfkolbenstange und erfährt also den ganzen Dampfdruck; an beiden Enden wird dieser Bolzen durch die Vorderstangen des Parallelogramms getragen, und die Länge zwischen den Tragpunkten ist die dreifache bis vierfache Dicke. Diese Dicke muß durch die Formeln (36) und (37) berechnet werden, und man wird bei einer doppelten Stärke finden:

$$\left.\begin{array}{ll} 1) \text{ Für Gußeisen } & d = 0{,}1\ D\sqrt{p} \\ 2) \text{ Für Schmiedeeisen } & d = 0{,}086\ D\sqrt{p} \end{array}\right\} (44).$$

Für eine gewöhnliche Dampfmaschine von niederem Druck werden diese Dicken $\frac{1}{3}$ D und ungefähr $\frac{1}{10}$ D.

Die obern Vorderbolzen bekommen ungefähr dasselbe Maas und werden auch genommen für den Bolzen der Kurbelstange; sey nun dieser Bolzen im andern Ende des Balanciers, oder im obern Ende der Dampfkolbenstange einer Maschine ohne Balancier befestigt. Wenn jedoch die Länge dieser Bolzen zwischen den Tragepunkten oder vom Druckpunkte bis zum Befestigungspunkte größer seyn sollte, als hier vorausgesetzt wird, so muß auch die Berechnung durch die Formeln (36) und (37) dieser größern Länge entsprechend, erneuert werden.

Die Bolzen der Lenkstangen sind kurze befestigte Bolzen aus Schmiedeeisen. Sie müssen dem größten Drucke, der in der Richtung der Lenkstangen ausgeübt wird, Widerstand leisten können. Dieser Druck kann $\frac{1}{6}$ des größten Dampfdruckes betragen (Art. 297); rechnet man nun $\frac{1}{4}$ dieses Druckes, um einiges Uebermaas der Stärke zu behalten, und setzt man die Länge

dieser Bolzen ihrer anderthalbfachen Dicke gleich, so ist nach Formel (35)

$$0{,}7854\ D^2 \cdot \tfrac{1}{4} p = 160 \cdot \tfrac{2}{3} d^2$$

oder $$d = 0{,}043\ D \sqrt{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45).$$

Für eine Dampfmaschine von niederem Druck muß die Dicke dieser Zapfen oder Bolzen etwa $\frac{1}{10}$ des Dampfkolbendurchmessers seyn, und diese Dicke ist auch in Art. 297 für die Lenkstange selbst gefunden. Diese Gleichheit der Dicke eines Zapfens und der Stange, welche an dem Zapfen hängt und sich um ihn dreht, gibt häufig ein gehöriges Verhältniß der Theile, es müßte denn der Zapfen oder Bolzen noch durch andere Stangen ꝛc. gedrückt werden.

Die Dicke der Bolzen der Hinterstangen des Parallelogrammes, nämlich der obern Bolzen und der mittleren Bolzen werden auf dieselbe Weise im Verhältniß zum Drucke gebracht, welcher durch den Widerstand des Luftpumpenkolbens und das Gewicht der anhängenden Theile erzeugt wird, wie auch die Dicke der Vorderbolzen bestimmt wird nach dem Drucke des Dampfes auf den Dampfkolben, und der untere Bolzen der Hinterstangen bedarf keine größere Dicke, als die besondern Bolzen, oder der einzelne durchlaufende Bolzen der Lenkstangen. Wenn keine Luftpumpe vorhanden ist, so wird auch ein Mittelbolzen überflüssig (man müßte ihn denn zur Anbringung der Stange einer Wasserpumpe einsetzen), und die Dicke des obern Bolzens kann alsdann eine kleinste seyn, aber diese Dicke darf wiederum nicht viel geringer seyn, als diejenige des Unterzapfens, oder der Zapfen der Lenkstangen.

Wenn man die Dicke der Zapfen eines Parallelogrammes bestimmt hat, so kann man den Widerstand der Reibung der verschiedenen Stangen an den entsprechenden Zapfen ausmitteln, wenn man dazu den Weg einschlägt, der für eine ähnliche Berechnung

im Art. 262 angegeben worden ist. Die Bestimmung des Widerstandes der Reibung an andern Zapfen geschieht auf dieselbe Weise (vergl. Art. 250); im Allgemeinen ist dieser Widerstand meistens verhältnißmäßig gering.

Die einfachen Berechnungen, welche hier vorgetragen sind, können, wenn dabei die Verschiedenheit der Umstände oder der Stellung beachtet wird, eben so gut auf die Bestimmung der Stärke anderer Bolzen, oder bolzenförmiger Theile angewendet werden. Dergleichen sind z. B. die Bolzen, an welche die Stangen der Wasserpumpen gehängt werden, — die Bolzen oder Zapfen der Querhauptsenden, sowohl bei Querhäuptern von Dampfkolbenstangen, von Kolbenstangen der Luftpumpen, als auch von Schubladen- oder Ventilstangen ꝛc., — Zapfen von Kniestücken oder Armen kleinerer Wellen, welche in abwechselnder Drehung erhalten werden müssen ꝛc., — endlich auch die Zapfen in doppelten Balanciers (Figur 114 und 512—517), die man als geschmiedete Bolzen und an beiden Enden befestigt betrachten kann. Zur Bestimmung ihrer Dicke kann man sich der Formel (39) bedienen. Für befestigte Bolzen, durch welche entweder die Dampfkolbenstange, oder die niedersteigenden Stangen des Querhauptes der Dampfkolbenstange, oder die kurzen niedersteigenden Arme des Querhauptes der Kurbelstange mit dem Balancier, oder mit den Balanciers verbunden werden sollen ist eine Dicke ausreichend, welche der halben Dicke der Dampfkolbenstange gleich ist.

304. Kurbelwarze. Die Kurbelwarze muß den ganzen Druck des Dampfes auf den Dampfkolben aushalten; sie wird stets rotirend bewegt und erfährt den Druck in einer stets veränderlichen Richtung; über dieses verändert sich der Hebelarm der Kraft unaufhörlich. Daraus ergibt sich denn, daß

dieser Theil viel auszuhalten hat, und daß auch bei einem hinlänglichen Uebermaase der Stärke seine Befestigung in der Kurbel, oder seine Verbindung mit der Kurbel, von großem Belang sey. Die Kurbelwarze gußeiserner einzelner Kurbeln Fig. 527 ist ein rundgedrehter Zapfen mit Warze aus Gußeisen oder aus Schmiedeeisen, der in eine rundgebohrte Oeffnung im freien Ende der Kurbel eingesetzt und alsdann mit einem quer durchlaufenden Bolzen oder Stifte k befestigt wird; der befestigte Theil fk ist $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ dicker, als der eigentliche Zapfen f, um welchen die metallenen Lager des untern Endes der Kurbelstange geschlossen werden.

Da dergleichen Kurbelwarzen an dem einen Ende befestigt sind, so muß deshalb ihre Stärke berechnet werden durch die Formeln (34) und (35), und rechnet man wenigstens auf eine doppelte Stärke, während die Länge l die anderthalbfache Dicke betragen muß, so findet man:

Für eine Kurbelwarze aus Gußeisen

$$d = 0{,}15\,D\sqrt{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46).$$

Für eine Kurbelwarze aus Schmiedeeisen

$$d = 0{,}12\,D\sqrt{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (47).$$

Für eine Dampfmaschine von niederem Druck wird sich die Dicke einer Kurbelwarze aus Gußeisen zu ungefähr $\frac{1}{6}$ des Treibcylinderdurchmessers ergeben; für Schmiedeeisen wird diese Dicke $\frac{10}{73}$ des Treibcylinderdurchmessers, und man kann $\frac{1}{7}$ dieses Durchmessers annehmen, wenn die Kurbelwarze an die Kurbel geschmiedet ist. Für Kurbelwarzen, die in Scheiben oder in den Felgen von Rädern befestigt sind, gilt dieselbe Berechnung.

Wenn die Bewegung auf zwei besondere Kurbeln oder Räder fortgeflanzt wird, so bedürfen die Kurbelwarzen nur die halbe Stärke, und ihre Dicke

werde alsdann $\frac{7}{10}$ der Dicke, welche durch die voranstehenden Formeln berechnet worden ist.

Ist die Kurbel doppelt und hat also die Kurbelwarze zwei Punkte der Befestigung (z. B. Fig. 86 und 91), so ist ihre Stärke die größte. Hätte z. B. die Kurbelwarze eine Länge, gleich der doppelten Dicke, so würde man unter einem doppelten Tragvermögen durch die Formeln (38) und (39) finden, daß ihre Dicke auf die Hälfte der Dicke, welche nach den Formeln (46) oder (47) berechnet wird, gesetzt werden könnte. Auf dieselbe Weise kann man die Dicke der Warzen zwei doppelter Kurbeln, von denen jede die halbe Dampfkraft fortpflanzt (siehe z. B. Fig. 436 und 440) berechnen.

Wenn der Zapfen zwischen den beiden Kurbeln, in deren Enden er befestigt, oder mit ihnen zusammengeschmiedet ist, eine große Länge hat, so muß auch dieses gehörig in Rechnung gebracht werden. Dieses kann z. B. geschehen, wenn die Bewegung des Dampfkolbens mit zwei Kurbelstangen auf eine einzige Welle fortgepflanzt wird und wenn die Enden dieser Stangen an denselben Zapfen geschlossen sind; denn alsdann wird die Länge des Kurbelzapfens bestimmt durch die Entfernung dieser Stangen, die viel größer, als der Durchmesser des Dampfcylinders seyn kann (siehe z. B. Fig. 89 und 90). Die Drucke der beiden Kurbelstangen werden an den befestigten Punkten ausgeübt; mit Hilfe der bekannten Regeln reducire man diese beiden Drucke auf einen einzigen Druck, der in der Mitte des Kurbelzapfens ausgeübt wird, und berechne alsdann die Dicke durch die Formel (38) oder (39).

Eine besondere Erwähnung verdient der Fall, wenn dieser längere Kurbelzapfen keine durchlaufende oder gerade Stange, sondern mit den beiden Kurbeln aus einem einzigen Stück Guß- oder Schmiede-

eisen besteht und zu einem Krummzapfen gebogen ist, um für die Bewegung anderer Theile zu dienen. Ein Beispiel hiervon gewähren die Maschinen, bei welchen die Welle unter dem Dampfcylinder liegt, und welche die von Maudsley angegebene Einrichtung besitzen (siehe Fig. 85 Taf. IX. und ganz besonders Fig. 85 Nr. 3).

Weil der Krummzapfen yy außer der Richtung LL der Welle liegt, so bekommt ein Theil, welcher mit diesem Krummzapfen verbunden wird, eine auf- und niedergehende, oder eine hin- und hergehende Bewegung, während die Welle LL umläuft. Man kann also (wie es bei der Dampfmaschine von niederem Druck der Fall ist) die Luftpumpe, die Wasserpumpen, die Dampfschublade oder den Dampfhahn ꝛc. in Thätigkeit setzen lassen. Wenn man nun berechnet hat, daß die Ueberwindung des Widerstandes dieser Theile gleich steht mit der Ausübung oder Erzeugung eines Druckes von 2 M Pfunden auf die Mitte des Krummzapfens yy, so liegt es auf der Hand, daß diese 2 M Pfunde Druck als eine Kraft wirken, welche dahin strebt, mit den Hebelarmen yv die Zapfen oder Warzen vv zu zerbrechen oder abzudrehen. Hieraus folgt, daß in diesem besondern Falle die Zapfen vv nicht allein den Druck der Kurbelstangen müssen aushalten können, sondern daß auch ihre Stärke dem Widerstande der Torsion, welche durch den genannten Druck 2 M erzeugt wird, proportional seyn müsse. Die proportionale Stärke dieser beiden zusammenwirkenden Kräfte kann mit hinlänglicher Genauigkeit auf folgende Weise berechnet werden:

Zuerst kann man annehmen, daß der Druck 2 M auf beide Arme gleich vertheilt sey, so daß ein jeder der Arme yv an dem Ende y einen Druck von M Pfunden erfährt. Da nun die Formel zur Berechnung der Stärke kurzer Bolzen oder Zapfen,

Digitized by Google

welche im Stande seyn müssen, einer Torsion Widerstand entgegenzusetzen, ganz gleich ist mit der Formel für die Stärke von Bolzen oder Zapfen, die einen Seitendruck am Ende auszuhalten im Stande seyn müssen (siehe Art. 305), so hat man, wenn man den Hebelarm yv = R und die Dicke des Zapfens v = d setzt

$$M = 105 \frac{d^3}{R},$$

oder $$M = 160 \frac{d^3}{R},$$

je nachdem die Kurbel aus Gußeisen oder aus Schmiedeeisen gefertigt war.

Wäre der Krummzapfen vyyv nicht vorhanden, so müßten die Kurbelzapfen vv allein den Druck, den die Kurbelstangen ausüben, aushalten können, jede also den halben Dampfdruck auf den Dampfkolben, weil 2 Kurbelstangen vorhanden sind. Dieser Druck ist $= \frac{1}{2}$ (0,7854) $D^2 p$; man nenne denselben K. Die Länge der Zapfen v kann im Voraus leicht festgesetzt werden und zwar der Dicke der untern Enden der Kurbelstangen entsprechend; es sey diese Länge l. Wenn nun die Kraft K an dem Ende des Hebelarmes l wirkt, um die Warze oder den Kurbelzapfen (der nur an einem Ende befestigt ist) abzubrechen, oder wenn sie an demselben Hebelarm wirkte, um die Warze oder den Kurbelzapfen abzudrehen, so würden beide Wirkungen (wegen der Kürze der Warze oder des Zapfens) einander gleich seyn, oder vielmehr, der Zapfen würde der Druckkraft eben soviel Widerstand entgegensetzen, als der Torsionskraft. Es ist nun ganz gleich, ob die Kraft K auf den Hebelarm l wirkt, oder eine Kraft $\frac{Kl}{R}$ auf den Hebelarm R. Aber in diesem Falle wirken so

zu sagen zwei Torsionskräfte M und $\frac{Kl}{R}$ mit demselben Hebelarm R; sie können also vereinigt gedacht werden und unter der Bedingung einer doppelten Stärke wird deshalb die Formel

$$M + \frac{Kl}{R} = 52{,}5\ \frac{d^3}{R};\ \text{d. i. } d^3 = 0{,}019\ (MR + Kl) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (48).$$

oder $$M + \frac{Kl}{R} = 80\ \frac{d^3}{R};\ \text{d. i. } d^3 = 0{,}0125\ (MR + Kl) \quad . \quad . \quad . \quad (49).$$

benutzt werden können, um die erforderliche Dicke der Zapfen oder Kurbelwarzen v auszumitteln. Die erste Formel kann angewendet werden, wenn die Kurbeln mit den Krummzapfen und die Zapfen gegossen sind, und die zweite Formel gilt für Schmiedeeisen.

Die Wirkung der Torsion, welche durch den Druck auf den Krummzapfen yy Fig. 85 Nr. 3 entsteht, kann beträchtlich seyn. Man kann dieselbe vernichten oder ganz aufheben, indem man 1) die beiden innern Arme KK länger macht und zwar gleich den beiden äußersten Armen oder Kurbeln K, so daß der Krummzapfen yy in die Richtung der Welle LL zu liegen kommt; 2) indem man zwischen yx und xy 2 Hälse dreht, um den Krummzapfen yy an diesen beiden Punkten besonders zu unterstützen; 3) indem man den Theil yy in der Mitte eine Biegung gibt, so daß dieser neue Krummzapfen eine gleiche Extension habe mit dem Krummzapfen yy, ohne die jetzt erwähnte modificirte Construction; und der neue Krummzapfen kommt also an die Stelle von yy. Auf diese Weise bekommt allerdings die Welle LL 4 Unterstützungspunkte, deren gleichförmige Stellung in derselben geraden Linie Schwierigkeiten verursachen, oder nach einiger Zeit sehr unrich-

tig werden kann; und es läßt sich dann nicht leugnen, daß, was man an der Verdünnung der Zapfen oder Warzen v v gewinnt, durch die Reibungen der Hälse (die zwischen x y liegen) in den Pfannen ihrer Stühle wieder verloren wird. Aber die vollkommene Sicherheit der Stärke der genannten Zapfen und die genauere Wirkung der Maschine überwiegen die erwähnte Schwierigkeit, und letztere wird auch vermindert, wenn man die 4 Stühle auf demselben festen Bodenblatte befestigt, oder ihre Untertheile aus einem einzigen Stücke gießt, und wenn man die metallenen Lager und Deckstücke um die beiden Hälse des Krummzapfens y y weniger genau schließen läßt.

305. Achsen und Hälse der Achsen. Wenn kurze Achsen allein einer Torsionskraft Widerstand leisten müssen, und wenn diese Wirkung nur auf einen der Hälse ausgeübt werden sollte, welcher vom Einwirkungspunkte der Kraft eine geringe Entfernung hat, so wird die Stärke eines solchen Halses durch dieselbe Formel bestimmt, welche zur Berechnung der Tragkraft eines cylindrischen Stückes dient, das mit dem einen Ende befestigt ist und an dem andern Ende der Torsionskraft im Stande seyn soll, auszuhalten, ohne daß die Länge der Achse dabei in einige Betrachtung zu kommen braucht.

Im ersten Falle kommt z. B. in Betrachtung die Hauptwelle einer Dampfmaschine; sie wird getrieben durch die Umführung der Kurbel; unmittelbar auf die Kurbel folgt der erste Hals dieser Welle, und wenn sie zwischen den beiden Hälsen kein Schwungrad trägt, sondern eine Scheibe oder ein Zahnrad, um Bewegung mitzutheilen, so ist es ausreichend, die Stärke des genannten ersten Halses zu bestimmen. Die Kraft, welche in dem vortheilhaftesten Stande der Kurbel auf die Kurbelwarze wirkt und den Hals der Achse abzudrehen strebt, übt einen Druck aus, welcher dem Drucke des Dampfes auf den Dampf-

Digitized by Google

kolben gleich ist; diese Kraft rechne man doppelt, nämlich $= 0{,}7854\ D^2 \cdot 2p$. Der Hebelarm dieser Kraft ist gleich der Länge der Kurbel $= R$; die Dicke des Halses sey d; alsdann hat man

für eine gußeiserne Achse,

$$0{,}7854 \cdot D^2 \cdot 2p = 105 \frac{d^3}{R}$$

für eine schmiedeeiserne Achse

$$0{,}7854 \cdot D^2 \cdot 2p = 160 \frac{d^3}{R} \quad \ldots \text{(A)}.$$

Hierdurch findet man für die erste Voraussetzung,

$$d = 0{,}246 \sqrt[3]{D^2 R \cdot p} \quad \ldots \text{(50)}.$$

und in der zweiten Voraussetzung

$$d = 0{,}214 \sqrt[3]{D^2 R \cdot p} \quad \ldots \text{(51)}.$$

Ist z. B. die Länge der Kurbel einer Dampfmaschine von niederem Drucke gleich der Hälfte des Dampfkolbenlaufes und dieser letztere $= 2{,}3\ D$, so ist $R = 1{,}15\ D$, und wenn $p = 1{,}3$ ist, so findet man:

Für gußeiserne Achsen $d = 0{,}28\ D$;
für schmiedeeiserne Achsen $d = 0{,}24 D$.

Unter dieser Dimension hat der erste Hals der Hauptwelle ein großes Uebermaas der Stärke, welches jedoch erforderlich ist, weil die Torsionskraft auf eine sehr veränderliche Weise an der Kurbel wirksam ist. Die größte Wirkung findet statt, wenn die Kurbel in ihrem vortheilhaftesten Stande sich befindet, alsdann ist nicht allein der Hebelarm ein größter, sondern es hat auch der Dampfdruck auf den Kolben seinen höchsten Grad erreicht, und die Kraft kann in diesem Augenblicke beinahe dreimal größer seyn, als man, — wegen des veränderlichen Hebelarmes der Kurbel und bei dem weniger gleichmäßigen Einstreichen des Dampfes in den Cylinder, — im Durch-

Digitized by Google

schnitt rechnen kann. Aus diesen Gründen wird $\frac{1}{3}$ der Stärke ausreichend seyn, sobald die Kraft in einem unveränderlichen Maas und auf eine unveränderliche Weise zur Erzeugung einer regelmäßigen Bewegung thätig seyn könnte, wie dieses z. B. der Fall ist bei der Bewegung von Rädern durch den Druck, die Strömung oder den Fall von Wasser. Man wird dieses anwenden können auf die Bestimmung der Dicke der zweiten oder entfernteren Hälse von Wellen, wenn diese nämlich frei liegen und an der andern Seite nicht verlängert sind, um den Widerstand irgend einer Last zu überwinden, oder daselbst Bewegung mitzutheilen; denn in diesem Falle würden sie einer noch größern Torsion unterworfen seyn, als die ersten oder vordersten Hälse. Diese Hälse, welche nur $\frac{1}{3}$ der Stärke bedürfen, bekommen also eine Dicke, welche ziemlich genau gleich ist $\frac{7}{10}$ (= die $\sqrt[3]{\frac{1}{3}}$) der Dicke der vordersten Hälse, wie sie durch die oben stehenden Formeln berechnet ist.

Ist die Dicke der Hälse bestimmt, so wird die Dicke der Achse zwischen den Hälsen $\frac{1}{10}$ größer genommen; jedoch können auch an den Hälsen Kragen um die Welle gelegt seyn, um die Hälse zu beschränken. Bei viereckigen Achsen ist diese Vorsorge unnöthig; sie werden jedoch nicht so allgemein angewendet, als runde Achsen, besonders dann weniger, wenn die Bewegung von der Betriebswelle auf andere Achsen oder auf Maschinen durch Räderwerk fortgepflanzt werden soll, weil die concentrische Stellung eines Rades auf einer runden abgedrehten Achse mit größerer Genauigkeit bewerkstelligt werden kann, als auf einer viereckigen Achse, deren gleiche Dicke und Breite sehr unsicher ist.

Wenn die Achse langsam gedreht wird, so ist es ausreichend, daß die Länge der Hälse ihrer Dicke gleich sey, oder $\frac{1}{5}$ länger; aber für geschwindere Be-

wegungen muß die Länge der Hälse größer seyn und kann sich erstrecken bis zum Anderthalbfachen der Dicke.

Die Abnutzung oder die Abnahme an Dicke ist nicht in Rechnung gebracht und wegen des großen Uebermaases der Stärke, auf welche die Berechnung gegründet ist, kann man diese Folge der Bewegung meistentheils übersehen. Könnte man jedoch vorher sehen, daß die Abnutzung beträchtlich seyn müßte, so müßte man die berechnete Dicke um $\frac{1}{10}$ vermehren. Jedoch muß die Vermehrung der Dicke manchmal bedeutend seyn, wenn bei Ueberwindung des Widerstandes, oder bei der Bewegung der Last nachtheilige Stöße oder Zurückwirkungen stattfinden können (wie es z. B. der Fall seyn kann bei Hammer-, Stampf- und Walzwerken, oder bei Dampfbootmaschinen ꝛc.); und man muß alsdann das Uebermaas der Stärke, welches hier auf das Doppelte gestellt ist, auf das $2\frac{1}{2}$fache oder auf das Dreifache bestimmen.

Wenn die erste Hauptwelle die Last eines Schwungrades oder schweren Räderwerkes tragen muß, so hat man bei der Bestimmung der Dicke der Hälse dieser Welle auf einen solchen Umstand Rücksicht zu nehmen. Meistentheils ist eine Vermehrung an Dicke von $\frac{1}{20}$ ausreichend, um die Abnahme an Stärke, verursacht durch den Druck des Schwungrades, auszugleichen; aber diese Bestimmung ist nicht allgemein. Es könnte doch seyn, daß das Schwungrad eine außergewöhnliche Schwere besäße und daß es nicht in der Nähe der Hälse auf die Achse gezogen wäre: alsdann müßte man sich durch die bekannten Regeln die Ueberzeugung verschaffen, daß die Achse eine hinlängliche Dicke habe, um sich unter der Last des Schwungrades nicht merklich zu biegen; denn eine solche Biegung würde während der Bewegung höchst nachtheilig werden können. Man muß deshalb

Digitized by Google

stets bemüht seyn, das Schwungrad in die Nähe eines der Stützpunkte, nämlich in die Nähe eines der Hälse zu bringen und zwar in die Nähe des vordersten Halses, weil die Torsionskraft alsdann am wenigsten nachtheilig wirkt, diesen Hals abzubrechen. Dasselbe gilt auch für das Anbringen von Rädern oder von Scheiben, mit welchen die Bewegung weiter fortgepflanzt wird, und dieses nicht allein in Bezug auf die erste Welle, sondern auch hinsichtlich anderer oder folgender Achsen. Und wenn das Schwungrad oder die Räder entfernter seyn sollten vom vordersten Hals der ersten Welle, so ist es rathsam, bei der Bestimmung der Dicke der Hälse auch die Länge der Welle in Betrachtung zu ziehen.

Die Stärke der Achsen, oder lieber der Achsenhälse (zuerst denke man sich Achsen von einer geringen Länge) hängt auch ab von der Geschwindigkeit der Bewegung. Denn da man an Kraft verliert, was man an Geschwindigkeit gewinnt, so muß die Bewegung einer Achse, mit größerer Geschwindigkeit auch zur Folge haben, daß von dieser Achse ein geringerer Druck mitgetheilt werden könne, daß deshalb diese Achse durch eine kleinere Torsionskraft afficirt werde, und daß also die Hälse eine geringere Stärke bedürfen. Wenn z. B. die Welle des Schwungrades (Fig. 491) noch einmal so schnell gedreht wird, als die Achse der Kurbel K, so wird auch von der ersten Achse auf andere Achsen oder Maschinen nur der halbe Druck der wirkenden Kraft fortgepflanzt werden können, und die Stärke der Hälse dieser Achse muß deshalb nur die Hälfte der Stärke der Hälse der ersten Achse betragen; ihre Dicke wird deshalb $= \frac{4}{5}$ der Dicke der Hälse der Kurbelachse. Für andere Beziehungen zwischen den Umdrehungsgeschwindigkeiten auf einander wirkender Achsen kann man gleichfalls bestimmen, in welchem Verhältnisse die Stärke der

Hälfe (und dadurch auch die der Achsen selbst) seyn müsse. Dieses kann auch auf unmittelbarerem Wege durch die Berechnung der nachfolgenden Formel bekannt werden. Man nehme an, daß eine Achse einer Dampfmaschine, die ein nominelles Kraftvermögen von P Pferdekräften besitzt, n mal in jeder Minute umlaufe, — daß der nützliche Druck auf den Dampfkolben p' Pfunde per niederl. Quadratzoll betrage, und der größte Dampfdruck (d. h. die absolute Dampfspannung über diejenige, welche an der andern Seite des Dampfkolbens einen Gegendruck ausübt) p Pfunde auf den niederl. Quadratzoll, so findet man die Dicke dieser Achse durch die Formel

$$\left.\begin{aligned} d^3 &= 2171 \frac{P}{n} \cdot \frac{p}{p'} \\ \text{oder} \quad d^3 &= 1425 \frac{P}{n} \cdot \frac{p}{p'} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (52).$$

Die erste dieser Formeln gilt für gußeiserne und die zweite für schmiedeeiserne Achsen.

Der nützliche Dampfdruck auf den Dampfkolben ist $= 0{,}7854\,D^2\,p'$; wenn ferner die Länge des Kolbenlaufes l Zolle oder $\frac{l}{100}$ Ellen und n die Anzahl von Kolbenspielen (oder Umgängen der Welle) in der Minute bezeichnet, so wird die Zahl der Pferdekräfte durch folgende Formel ausgedrückt:

$$P = \frac{0{,}7854\,D^2\,p' \cdot l \cdot 2n}{4560 \cdot 100}$$

Statt der Länge l des Kolbenlaufes kann man die doppelte Länge der Kurbel setzen, nämlich nach der in den Formeln (50) und (51) angenommenen Beziehung $l = 2\,R$. Hierdurch wird man finden

$$0{,}7854\,D^2 \cdot R = \frac{114000\,P}{p'\,n};$$

stellt man diese Werthe in die Gleichungen, durch welche die Formeln (50) und (51) bestimmt worden sind, so bekommt man aus denselben:

Für Achsen von Gußeisen

$$d^3 = 2171 \cdot \frac{P}{n} \cdot \frac{p}{p'},$$

Für Achsen von Schmiedeeisen

$$d^3 = 1425 \cdot \frac{P}{n} \cdot \frac{p}{p'}.$$

Und da n hier unbestimmt ist, oder nicht abhängt von der größern oder kleinern Anzahl der Dampfkolbenspiele in der Minute, so gilt die Anwendung dieser Formeln nicht allein für die erste Welle, sondern auch für jede andere Welle, welche mit einer größern oder geringern Geschwindigkeit getrieben wird.

Bei einer größern Länge der Achsen kommt ihre Länge, oder auch die Länge zwischen den Einwirkungspunkten der Kraft und Last in Betrachtung, um die Stärke gegen die Torsion zu bestimmen. Es sey diese Länge l, K der Druck der Kraft, welcher auf den Hebelarm R wirkt, und a der Grad der Torsion, welcher nicht nachtheilig werden kann, so hat man die folgenden Formeln:

1) Für viereckige Achsen von Gußeisen und von Schmiedeeisen

$$\left.\begin{aligned} K &= 656 \frac{a\,d^4}{R\,l} \\ K &= 1141 \frac{a\,d^4}{R\,l} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (53).$$

2) Für runde Achsen von Gußeisen und Schmiedeeisen:

$$\left.\begin{aligned} K &= 553 \frac{a\,d^4}{R\,l} \\ K &= 960 \frac{a\,d^4}{R\,l} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (54).$$

Digitized by Google

3) Für runde hohle Achsen von Gußeisen (wenn der Durchmesser im Lichten $\frac{1}{n}$ der Dicke oder des Durchmessers im Dunkeln ist).

$$K = 552 \frac{a d^4 (1 - n^4)}{R l} \quad \ldots \quad (55).$$

Diese Formeln sind abgeleitet aus derjenigen, welche Art. 160 in der III. Abth. des I. Theiles angegeben sind. Von ihnen ist diejenige für die cylindrischen Achsen hinlänglich genau, jedoch nur, wenn der Divisor 1400 durch den Divisor 1375 ersetzt wird. Aber in der Formel für die viereckigen Achsen besteht ein Irrthum; sie soll gelten für einen platten Stab von einer Breite b und einer Dicke d; für viereckige Achsen nimmt die Stärke in dem Verhältnisse von 10 zu 7 zu, weshalb der Divisor 1400 (eigentlich 1375) vertauscht werden muß durch den Divisor 1964.

Setzt man statt K den Dampfdruck auf den Dampfkolben, in einem Verhältnisse vermehrt, welches mit dem Uebermaase der nothwendigen Stärke übereinstimmt, so enthält die Anwendung dieser Formeln nach Anleitung alles Vorausgegangenen, keine Schwierigkeit. Und wenn man den Dampfdruck ausdrückt durch eine Zahl, welche der Kraft der Maschine und der Anzahl Umdrehungen der ersten Welle per Minute proportional ist (vergleiche die Art und Weise, wie die Formeln (52) bestimmt worden sind), so bekommt man andere Formeln, welche eben so gut für die Bestimmung der Stärke entfernterer Achsen benutzt werden können.

Der Grad der Torsion a muß immer gering seyn, z. B. 1 Grad für schmiedeeiserne Achsen und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Grad für gußeiserne Achsen. Wenn das Uebermaas der Stärke auf das Doppelte gesetzt wird, so kann die Größe a

immer = 1 genommen werden. Und wenn alsdann die Länge l einer gußeisernen Achse nicht größer als das Fünffache, oder die einer schmiedeeisernen Achse nicht größer als das Sechsfache der Dicke d ist, so werden die Formeln (54) hinlänglich übereinstimmen mit den Formeln (A), aus welchen die Formeln (50) und (51) abgeleitet sind, und zwar in der Hinsicht, daß bei kurzen Achsen die Länge nicht in Betrachtung zu kommen braucht bei Berechnung ihrer Stärke, so daß sie der Wirkung der Torsionskraft widerstehen können.

Endlich kann der Fall eintreten, daß eine Achse, welche zwischen andern Achsen liegt, allein benutzt wird, um die Bewegung fortzupflanzen, oder daß sie irgendwo zwischen den Unterstützungs- oder Drehungspunkten nur Druck und keine, oder unbedeutende Torsion erfährt. Ihre Stärke wird alsdann nur ins Verhältniß zum Druck gebracht, oder der nöthigen Tragkraft angemessen eingerichtet, die man zur vollkommenen Sicherheit der richtigen Wirkung auf das Doppelte setzen kann.

§. IV.

Ueber die Dimensionen der Schwungräder und über die Stärke der Zahnräder.

306. Schwungräder. Wir haben bereits mehrmals auseinandergesetzt, daß ohne ein Schwungrad die Wirkung einer Dampfmaschine, wie genau letztere auch construirt seyn möge, dennoch sehr ungleichmäßig seyn müsse. Durch die Trägheit des Schwungrades wird die größere oder geringere Kraft, welche in den verschiedenen Augenblicken der Dauer eines Dampfkolbenspieles entwickelt wird, gleichmäßig vertheilt, so daß die Bewegung hinlänglich gleichförmig wird. Diese Wirkung hängt ab von der Schwere

des Schwungrades und seiner Umdrehungsgeschwindigkeit. Diese Umdrehungsgeschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit irgend eines Punktes im Umfange des Rades, trägt zu dieser Wirkung mehr bei, als die Last oder das Gewicht, und hinsichtlich dieser Last ist es ausreichend, nur auf denjenigen Theil derselben zu achten, welcher im Umfange liegt.

Die allgemeinen Grundsätze, welche im II. Theile (Abth. II. Kap. I. Art. 20) vorgetragen sind, könnten hier vollständig angewendet werden, wenn das Schwungrad einer Dampfmaschine immer auf die erste Welle aufgezogen wäre. Alsdann würde das sogenannte Kraftvermögen des Rades immer gleich seyn können demselben Vielfachen des Kraftvermögens, welches durch zwei auf einander folgende Dampfkolbenzüge oder durch einen einzigen Umgang der Welle entwickelt wird, — es müßte denn die Art der Arbeit oder der Wirkung ein schwereres Rad erfordern, was jetzo noch nicht vorausgesetzt wurde. Da jedoch das Schwungrad auf eine andere Achse, welche durch die erste Welle geschwinder getrieben wird, aufgezogen seyn kann, und auch die erste Welle, je nach dem Kaliber der Maschinen, sich mehr oder weniger geschwind umdreht, so ist es natürlicher, die Triebkraft des Schwungrades abhängig zu machen von der Kraft, welche durch jeden einzelnen Kolbenlauf entwickelt wird, so daß die Quantität der Wirkung in jedem Zeittheile, z. B. in jeder Sekunde für alle Maschinen derselben Art dieselbe sey. Diesen Weg hat der verdienstvolle englische Mechaniker Farey eingeschlagen und mit geringer Modification wollen wir auch hier denselben einschlagen.

Man setze das Gewicht des Umfanges des Schwungrades = G niederländische Pfunde, — den Radius des Rades (vom Mittelpunkte bis zur halben Dicke der Felge gemessen) = r Ellen, die Zahl der

Umdrehungen in der Minute, welche die Achse des Schwungrades macht = n, — und die Wirkung der Schwerkraft = g (= 9,81216 Ellen). In jeder Secunde beschreibt ein Punkt des Umfanges, dessen Radius = r ist, einen Weg von

$$\frac{6{,}2832\ r\ n}{60} = 0{,}1047 \cdot r\ n \text{ Ellen.}$$

Dieses ist die Geschwindigkeit der Bewegung der Last G oder der Masse $\frac{G}{g}$. Nach bekannten Grundsätzen ist also die Quantität der Wirkung in 1 Sekunde $= \frac{G}{2g} (10{,}1047 \cdot r\ n)^2 = 0{,}000558625\ r^2\ n^2\ G$.

Wenn der Druck auf den Dampfkolben (wohl zu verstehen der mittlere nützliche Druck) K niederländische Pfunde und die Länge des Kolbenlaufes l Ellen beträgt, so wird die Quantität der Wirkung, welche durch einen einzigen Kolbenlauf ausgeübt wird = K l seyn. Und wenn nun durch das Schwungrad die, in m auf einander folgenden Kolbenzügen entwickelte, Kraft muß aufgenommen und vertheilt werden können, so hat man die Gleichung

$$0{,}000558625\ r^2\ n^2\ G = m\ K\ l.$$

Ist der Durchmesser des Dampfcylinders = D, und der nützliche Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll = p', so wird der Dampfdruck seyn

$$K = 0{,}7854\ D^2\ p';$$

und hieraus wird man finden

$$G = 1406 \cdot \frac{m\ D^2\ p'\ l}{r^2\ n^2} \quad \ldots \quad (56).$$

Durch diese Formel wird die Schwere eines Schwungrades berechnet, wenn man, nachdem m, n und r bekannt sind, auch den Durchmesser D des

Treibcylinders, die Länge l des Dampfkolbenlaufes und die Größe des Dampfdruckes p kennt. Es ist jedoch häufig einfacher, die Schwere zu bestimmen, wenn das Kraftvermögen der Maschine in Pferdekräften ausgedrückt ist, und wenn die Zahl der Umdrehungen der ersten Welle in der Minute gegeben ist. Es sey diese Zahl = N, und das Kraftvermögen in Pferdekräften = P, so ist

$$P = \frac{0{,}7854\ D^2\ p'\ l \cdot 2\ N}{4556};$$

aus dieser Gleichung läßt sich der Werth von $D^2\ p'\ l$ bestimmen, und bringt man diesen Werth in die Formel (56), so bekommt man

$$G = 4077400\ \frac{m\ P}{N.\ n^2.\ r^2} \quad . \ . \ . \quad (57).$$

Um diese Formeln anwenden zu können, muß man vorher wissen, welchen Werth die Größe m haben müsse, damit die Bewegung durch die Wirkung des Schwungrades gehörig regulirt werde. Dieser Werth hängt häufig ab von besondern Umständen und ganz besonders von der Art der Wirkung, welche durch die Maschine hervorgerufen wird. Wird die Maschine z. B. benutzt, um andere Maschinen, welche einen gleichmäßigen Widerstand darbieten, zu treiben, dann ist ein solcher Werth von m ausreichend, welcher dem Verhältnisse zwischen dem größten und dem mittlern Momente der Dampfkraft gleich ist. Und weil das größte Kraftvermögen, — welches ausgeübt wird, wenn der Kolben die Mitte seines Laufes erreicht hat, und während auch der Hebelarm der Kurbel der größte ist, — dem Dreifachen bis dem Viertehalbfachen des mittlern Kraftvermögens gleich seyn kann, so kann man in solchen Fällen den Werth von m auf $3\frac{1}{4}$ stellen. Ist die Dampfmaschine von einfacher Wirkung, so muß unter gleichen Umständen (und wenn auch ein Ueber-

Digitized by Google

gewicht am Rade befestigt ist) $m = 6\frac{1}{2}$ bis 7 genommen werden. Wirkte der Dampf mit hohem Druck ohne Ausdehnung und erfolgte der Zufluß und Abfluß des Dampfes auf eine sehr leichte Weise, so würde es schon ausreichend seyn, wenn $m = 2\frac{1}{2}$ gesetzt würde. Eben so, wenn bei schweren und geschwind sich drehenden Rädern oder Mühlsteinen und andern schweren Massen die zu bewegenden Theile selbst schon mehr oder weniger als Schwungräder wirken, jedoch immer in der Voraussetzung, daß man den Widerstand als gleichmäßig, oder als wenig veränderlich betrachten könne. Aber in den entgegengesetzten Fällen, d. i. wenn die Widerstände veränderlich sind und unaufhörlich oder plötzlich Stöße überwunden werden müssen, — wie es z. B. der Fall ist beim Heben von Hämmern oder von Stampfen, bei abwechselnder Bewegung schwerer Lasten, beim Treiben von Walzwerken ꝛc., — muß der Werth von m auch immer größer und größer genommen werden, so daß er dem Kaliber der Maschinen und der größern Veränderlichkeit des Widerstandes entsprechend, 10, 20 und 40 betragen kann. Und weil ein einziges Schwungrad von diesem Kraftvermögen entweder durch seine ungewöhnliche Schwere, oder durch übermäßige Geschwindigkeit der Bewegung ein unbequemer oder gefährlicher Theil werden könnte, so ist es nicht selten, daß man in den genannten Fällen 2 Schwungräder anwendet, (ein Schwungrad und ein Nebenrad, wie man zu sagen pflegt), von denen das eine mit größerer Geschwindigkeit umläuft, als das andere.

Wenn für den Fall einer regelmäßigen Mittheilung der Bewegung m = beinahe $3\frac{1}{4}$ genommen werden kann, so kann man, um die Schwere eines Schwungrades zu berechnen, — welches einen Radius von r Ellen besitzt und n Umläufe in der Mi-

nute macht, während die Dampfmaschine P Pferdekräfte besitzt und der Dampfkolben N Mal in der Minute auf- und niedergeht, sich folgender Formel bedienen.

$$G = 13250000 \cdot \frac{P}{N \cdot n^2 \cdot r^2} \quad \ldots \quad (58).$$

Beispiel. Wie schwer muß der Umfang des Schwungrades für eine Maschine von 30 Pferdekräften genommen werden, wenn der Radius eine Länge hat von 2,64 Ellen, und wenn das Rad getragen wird von einer Welle, welche $38\frac{1}{2}$ Mal in der Minute umläuft, während die Hauptwelle der Maschine in derselben Zeit 19 Mal umgeführt wird?

Hier ist $P = 30$, $N = 19$, $n = 38{,}5$ und $r = 2{,}64$, deshalb ist

$$G = 13250000 \frac{30}{19 \cdot 38{,}5 \cdot 38{,}5 \cdot 2{,}64 \cdot 2{,}64} =$$

2025 niederl. Pfunde.

Wenn das Rad auf die erste Welle gezogen würde, müßte $n = N = 19$ seyn, und unter denselben Dimensionen müßte der Umfang mehr als viermal schwerer seyn, nämlich 8315 Pfund; aber um diese Last zu vermindern, ohne daß zugleich die Wirkung vermindert wird, ist es zweckmäßig, den Radius des Rades zu vergrößern, und setzt man ihn z. B. auf 4 Ellen, so muß der Umfang des Rades nur ein Gewicht haben von 3620 Pfund.

Um nun die Breite und die Dicke des Radumfanges zu bestimmen, schließe man auf folgende Weise. Der Radius des Rades vom Mittelpunkte bis zur halben Dicke des Umfanges gerechnet, beträgt 26,4 niederländische Palmen, hieraus ergibt sich für den Umfang ziemlich genau 166 niederländische Palmen.

Digitized by Google

Man bezeichne die Dicke der Felge durch x Palmen und die Breite durch y Palmen, so ist der Kubikinhalt 166 x y Kubikpalmen. Die Schwere von einer Kubikpalme Gußeisen beträgt 7,207 niederländische Pfunde, deshalb muß

$$7{,}207 \cdot 166\, x\, y = 2025$$

seyn; deshalb ist der Durchschnitt $x\,y =$ beinahe 1,70 Quadratpalmen; nimmt man nun die Dicke $x = 2$ Palmen, so wird die Breite $y = 8\frac{1}{2}$ Zoll.

Wenn der Umfang nicht rechtwinklich, sondern rund im Dunchschnitte seyn müßte, so wird der Durchmesser des runden Durchschnittes auf eine ähnliche Weise gefunden.

Dieses Beispiel ist ausreichend, um begreiflich zu machen, wie man für andere Fälle die Formeln (57) oder (58) anzuwenden habe.

Das Gewicht der Speichen ist hier stets außer Rechnung gelassen, kennt man es aber, so ist es auch leicht, die quantitative Wirkung desselben zu bestimmen. Dieselbe hängt ab von der Stärke, welche die Speichen, der Schwere des Umfanges und der Geschwindigkeit der Bewegung entsprechend, haben müssen. Wenn man nun annimmt, daß das Rad 6 Speichen habe, die zusammen eine Schwere besitzen, welche der halben Schwere des Umfanges gleich ist, und daß ihre Breite und Dicke durchgängig sich gleich bleibe, so wird die Wirkung, welche die Trägheit der Speichen erzeugt, gleich seyn derjenigen eines Gewichtes, welches $\frac{1}{3}$ des Gewichtes dieser Speichen beträgt d. i. $\frac{1}{6}$ vom Gewichte des Umfanges, und welches am Umfange der Speichen befestigt ist. Deshalb wird auch die Wirkung des Schwungrades mit $\frac{1}{6}$ vermehrt werden, und $\frac{6}{7}$ des oben gefundenen Gewichtes werden deshalb zureichen für die richtige verlangte Wirkung. Aber es ist nicht nöthig, daß man die Genauigkeit der Rechnung so weit führe.

Digitized by Google

Wenn die Dampfmaschine von 30 Pferdekräften, deren im vorigen Beispiel erwähnt wurde, von niederem Druck ist, so muß der Cylinder eine Weite von 71 niederländischen Zollen haben, und rechnet man den mittlern nützlichen Dampfdruck auf den niederländischen Quadratzoll zu $\frac{1}{2}$ niederländischen Pfund, so wird der totale Druck des Dampfes sich ziemlich auf 2000 niederländische Pfunde belaufen. Eine Last von diesem Druck muß also beinahe gleich seyn derjenigen des Umfanges des Schwungrades, die wir weiter oben ausgemittelt haben. Aber dieses Verhältniß ist zufällig, denn man wird bemerkt haben, daß es für Maschinen derselben Art und von demselben Kaliber differiren muß, sobald der Durchmesser des Schwungrades, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit und die Länge des Dampfkolbenlaufes anders sind.

Die Größe des Durchmessers oder des Radius eines Schwungrades ist in gewisser Hinsicht unbestimmt; aber ein Rad von größerem Durchmesser gibt mit geringerer Schwere dieselbe Wirkung, als ein kleineres und schwereres Rad, so daß die Schwere des Umfanges eines Rades von z. B. 7 Ellen Durchmesser nur $\frac{1}{4}$ der Schwere des Umfanges eines Schwungrades von $3\frac{1}{2}$ Ellen Durchmesser betragen muß, um gleichviel ausrichten zu können. Mit der Vermehrung der Geschwindigkeit ist es eben so beschaffen, und hierdurch ist man immer im Stande, die Größe des Rades den örtlichen Umständen entsprechend zu reguliren, so daß man die verlangte Wirkung gewinnt. Wenn man durch keine örtlichen Umstände behindert ist, so habe ein auf die Achse der Kurbel gezogenes Schwungrad einen Durchmesser von nicht weniger als der dreifachen Länge des Dampfkolbenlaufes. Ist ein solches Rad zu schwer, ohne daß jedoch der Durchmesser zu klein ist (oder wenn

Digitized by Google

daſſelbe unter keinem großen Durchmeſſer beſtehen kann), ſo werde es erſetzt durch ein kleineres und leichteres Rad auf einer zweiten Achſe, welche durch die erſte mit einer doppelten oder dreifachen Geſchwindigkeit getrieben wird. Und wenn auch keine örtlichen Umſtände die Anwendung eines großen und ſchweren Rades verhindern ſollten, ſo iſt doch die Anbringung eines kleinern oder leichtern Rades, welches geſchwinder getrieben wird, vortheilhafter, weil ein ſchwereres Rad eine größere Stärke der Theile erfordert, größern Widerſtand der Reibung erzeugt und an und für ſich theurer iſt.

Es bedarf wohl keiner Erinnerung, daß, wenn das Gewicht eines Schwungrades eben ſo, wie deſſen Radius im Voraus gegeben iſt, durch die Formel (57) oder (58) die Zahl n der Umdrehungen bekannt wird, welche die Achſe des Schwungrades in jeder Minute vollbringen muß, damit man mit dieſem Rade eine beabſichtigte Wirkung erlange. Eben ſo auch können dieſe Formeln benutzt werden, um die Größe des Radius r ꝛc. zu berechnen, wenn ein Schwungrad von beſtimmter Schwere auf eine Achſe gezogen werden ſoll, deren Umdrehungsgeſchwindigkeit mit beſtimmt iſt. Und um die verſchiedenen Wirkungen mit demſelben Rade reguliren zu können, wird es hinlänglich ſeyn, blos die Umdrehungsgeſchwindigkeit zu verändern; denn aus den erwähnten Formeln ergibt ſich, daß Räder von gleicher Größe und Schwere ſowohl für mittelgroße, als für größere Maſchinen benutzt werden können, wenn nur für die größere Maſchine die Achſe des Schwungrades geſchwinder getrieben wird, als die Achſe des Rades der minder großen Maſchine.

307. **Speichen der Schwungräder.** Es iſt nicht ausreichend, daß die Speichen eines Schwungrades hinlängliche Stärke beſitzen, um das Gewicht

des Umfanges in jedem Stande des Rades mit Sicherheit tragen zu können, denn auch die große Geschwindigkeit der Bewegung wirkt sicherlich zum Nachtheile des Tragvermögens, und dadurch kann ein Streben, die Speichen zu biegen oder zu schränken, entstehen. Es ist jedoch unsicher, oder vielmehr schwierig, das richtige Maas dieser Wirkung in Rechnung zu bringen, weil die Drucke, durch welche die Bewegung eines Schwungrades unterhalten wird, und welche das Rad so zu sagen, aufnimmt, sich mit jedem Augenblick verändern, und die Stärke auch nicht wenig befördert wird durch die feste Verbindung der Theile. Wenn jedoch die Verbindung der Speichen mit der Nabe und mit dem Kranze nicht unverrückbar wäre, so würden die Theile der Felge auf die Speichen wirken können, als ob diese unaufhörlich gestoßen würden, oder die Wirkung der Centrifugalkraft auf die weniger fest verbundenen Theile des Felgenkranzes würden die Schwächung dieser unvollkommenen Verbindung befördern können; in jedem dieser Fälle ist das Schwungrad ein Theil, dessen Wirkung sehr gefährlich werden kann, wie man bereits auch Beispiele hat.

Wenn der Umfang des Schwungrades ein Gewicht besitzt von G Pfunden, und wenn dieser Umfang mit der Nabe verbunden wird durch 6 oder 8, oder im Allgemeinen durch eine Zahl von a Speichen, so muß bei einer vollkommenen Verbindung der Theile jede Speiche ein Gewicht von $\frac{G}{a}$ Pfunden tragen können. Bildeten die a Theile des Umfanges kein Ganzes, sondern beständen sie jedes für sich, als eben so viele gußeiserne Kugeln, befestigt an den Enden der Speichen, so würden die Speichen mehr zu leiden haben, als in dem Falle, wo sie durch einen Umfang oder Reifen vereinigt sind. Eine doppelte

Stärke würde für dergleichen einzeln belastete Speichen hinlänglich seyn, wenn sie mit keiner sehr großen Geschwindigkeit umgetrieben würden. Wird jedoch diese Geschwindigkeit bedeutend, so kann die Stärke des Stoffes, aus welchem die Speiche besteht, schon aus dem Grunde der Wirkung der Centrifugalkraft vermindert werden, die im Verhältnisse des Quadrates der Geschwindigkeit wächst, und durch welche die Speiche in der Richtung der Länge gezogen wird. Diese Verminderung an Stärke läßt sich sehr gut berechnen, aber für die schwersten und am geschwindesten umlaufenden Schwungräder wird dieselbe an 20 niederländische Pfunde auf den niederländischen Quadratzoll betragen können, so daß man für das Gußeisen, welches in den Berechnungen zu einer Stärke von 1070 niederländischen Pfunden auf den Quadratzoll geschätzt wird, die Zahl 1050 anwenden muß, und diese Verminderung ist zu unbedeutend, um bei dem großen Uebermaas der vorhandenen Stärke in Berücksichtigung zu kommen.

Die Wirkung der Centrifugalkraft wird deshalb an und für sich nicht sehr nachtheilig sein, aber eine mitwirkende Haupturſache des Brechens durch die stets veränderliche Wirkung der Gewichte $\frac{G}{a}$ auf auf die Speichen werden können, eine Wirkung, welche ein gewisses Zittern in den Fasern des Stoffes, aus denen die Speichen gefertigt sind, erzeugen muß, was aber schwierig in Rechnung zu bringen ist.

In manchen Fällen kann man die Stärke der Speichen durch die Annahme bestimmen, daß das ganze Gewicht des Umfanges in irgend einem Stande des Rades auf zwei einander gegenüberliegende Speichen drücken könne. Aber es ist besser, daß auch die Zahl der Speichen in Rechnung komme und daß die Stärke festgestellt werde, so daß die mögliche Bie-

Digitized by Google

gung der Speichen auf sehr enge Grenzen beschränkt sey. Hierbei bleibt die Geschwindigkeit der Bewegung außer Berücksichtigung, aber die Resultate sind gleichwohl immer genügend.

Man nehme mehrerer Einfachheit halber an, daß der Durchschnitt der Speiche rechtwinklich sey. Man nenne die durchgängig gleiche Breite b, und die Dicke (nämlich die Dimension in der Richtung der Bewegung des Rades) d, die Länge der Speiche l: so wird das Tragvermögen seyn

$$\frac{G}{a} = \frac{k\,b\,d^2}{6\,l}.$$

Wenn die Dicke am Umfange $\frac{2}{3}$ der Dicke d an der Nabe beträgt, so kann die Last von $\frac{G}{a}$ Pfunden am Ende eine Biegung zu wege bringen, welche gefunden wird durch die Berechnung der Formel

$$\frac{0{,}895\,u\,l^2}{d},$$

(Theil I. Abth. III. Art. 150) und wohl zu verstehen, wenn die Speiche ganz isolirt ohne alle Verbindung mit den übrigen Speichen ist. Damit nun diese Biegung nicht größer sey, als ein gewisser kleiner Theil der Länge, ausgedrückt durch c, so muß das Tragvermögen verhältnißmäßig größer seyn, nämlich

$$\frac{0{,}895\,u\,l^2}{d} : c = \frac{k\,b\,d^2}{6\,l} : \frac{G}{a} = \frac{k\,c\,b\,d^3}{5{,}37\,u\,l^3}$$

und hieraus findet man

$$b\,d^3 = 5{,}37 \cdot \frac{u}{k} \cdot \frac{G}{a} \cdot \frac{l^3}{c}.$$

Nimmt man die sehr geringe Biegung von $1\frac{1}{2}$ Linien auf die niederländische Elle Länge, so ist $c = 0{,}0015 \cdot l$; ferner ist für Gußeisen $k = 1070$ und $u = 0{,}00083$. Statt der Länge l der Speiche

setze man noch den Radius r des Rades im Lichten, und wenn man diesen Radius ausdrückt in Ellen und nicht in Zollen (wie z. B. b und d), so erhält man, statt l, 100 r, so daß man nach allen Reductionen finden wird:

$$b\,d^3 = 28 \cdot \frac{G\,r^2}{a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (59).$$

Beispiel. Welches müssen die Dimensionen der 6 Speichen eines Schwungrades seyn, welches einen Radius von $2\frac{1}{2}$ niederländische Ellen im Lichten hat und dessen Umfang oder Felgenkranz 2025 niederländische Pfunde wiegt? (Vergleiche das Beispiel des Art. 306).

Nach der Formel (59) ist deshalb

$$b\,d^3 = 28 \cdot \frac{2025 \cdot 2{,}5 \cdot 2{,}5}{6} = 59061.$$

Eine Breite b von $4\frac{1}{2}$ bis 5 Zollen ist immer hinlänglich; mit dieser wird eine Dicke von ungefähr 24 oder 23 niederländischen Zollen übereinstimmen.

Wenn die Dicke der Speichen an der Nabe 24 Zoll beträgt, so wird die Dicke an den Felgen 16 Zoll, ohne mit zu rechnen die Ausbreitung an den Felgen, welche für die Verbindung der Speichen und Felgen nothwendig ist, so wie diese Ausbreitung auch bestehen muß für Speichen kleinerer Räder, welche aus einem Stücke gegossen werden können.

Obgleich die Dimensionen rechtwinkliger Speichen, wie sie durch die Formel (59) gefunden werden, an und für sich hinlänglich sind für die verlangte Stärke, so ist es dennoch rathsam, ihre Stütze auf und gegen die Nabe zu sichern, da alles von der festen Verbindung der Theile abhängt. Dazu können schmale Rippen benutzt werden, die man den Speichen entweder an beiden Seiten gibt, so daß sie ei-

Digitized by Google

gentlich einen kreuzförmigen Durchschnitt bekommen, oder welche allein an der Hinterseite vorhanden sind und von dem Umfange nach der Nabe mit einer hinlänglichen Verbreitung auslaufen. Sie tragen das meiste dazu bei, den schweren Umfang gleichsam zu stützen und dem Ganzen eine unwandelbare Festigkeit zu geben. Gleichwohl sind die Speichen der Schwungräder nicht immer mit Rippen verstärkt; manchmal ist auch der Durchschnitt nicht rechtwinklich, sondern linsenförmig oder oval, bildet ein längliches Sechseck oder ein concaves Rechteck; endlich kann die Breite vom Umfange bis zur Nabe eben so zunehmen, als die Dicke. Für diese verschiedenen Fälle läßt sich gleichwohl dieselbe Formel (59) anwenden, sobald man nur den Multiplicator 28 mit dem Multiplicator 35 vertauscht (weil Speichen von einer andern Figur und Stellung eine verhältnißmäßig größere Breite bedürfen), und wenn man alsdann den Inhalt des Speichendurchschnittes demjenigen gleich macht, welcher durch die Berechnung für eine Speiche von rechtwinkligem Durchschnitt gefunden worden ist.

Um die Stärke der Speichen zu bestimmen durch eine Formel, welche von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades abhängt, kann man so folgern:

So lange die Geschwindigkeit am Umfange des Rades nicht $1\frac{1}{2}$ niederländische Ellen überschreitet, bedürfen die Speichen kein Uebermaas der Stärke über die verlangte Tragkraft; aber von dieser Grenze an muß die Tragkraft oder auch das Uebermaas der Stärke im Verhältnisse der Geschwindigkeit zunehmen. Es sey die Geschwindigkeit am Umfange $= s$ Ellen; wenn nun bei $1\frac{1}{2}$ Ellen Geschwindigkeit die Stärke der Speichen der Last $\frac{G}{a}$ entsprechend bestimmt wird, so wird dieselbe bei einer Geschwindigkeit von s El-

len berechnet werden müssen, als ob die Last $= \frac{2Gs}{3a}$ wäre; folglich wird man haben

$$\frac{2Gs}{3a} = \frac{kbd^2}{6r},$$

oder wenn r nicht in Zollen, sondern in Ellen ausgrückt wird,

$$\frac{2Gs}{3a} = \frac{1070\,bd^2}{600\,r}.$$

Statt der Geschwindigkeit s kann man setzen den Raum, welchen ein Punkt des Umfanges in 1 Sekunde zurücklegt, und wenn das Rad n Mal umläuft in 1 Minute, so ist dieser Raum $= \frac{1}{60}$ von 6,2832 r • n; deshalb ist

$$\frac{2 \cdot 6{,}2832 \cdot rnG}{3 \cdot 66 \cdot a} = \frac{1070\,bd^2}{600\,r}.$$

Aus dieser Gleichung wird man ziemlich aproximativ finden

$$bd^2 = 0{,}04 \cdot \frac{G}{a} \cdot nr^2 = \frac{nr^2G}{25a} \quad . \quad . \quad (60).$$

Diese Formel ist einfacher, als die Formel (59), und für schwere Schwungräder, welche einen geschwinden Umlauf haben, ist die Uebereinstimmung der Resultate mit der vorhergehenden Praxis sogar genauer.

308. Zahnräder. Wenn die Welle einer Dampfmaschine ein Zahnrad für den Zweck trägt, andern Maschinen eine regelmäßige Bewegung mitzutheilen, so kann man annehmen, daß die Zähne eines solchen Rades einen gleichmäßigen Druck erfahren, welchem entsprechend ihre Stärke bestimmt werden kann. Ist der nützliche Dampfdruck auf den Dampfkolben $= K$, während der Kolben abwechselnd eine Länge von l Ellen aufwärts oder niederwärts durchlaufen kann, so ist der mittlere Hebelarm

Digitized by Google

dieser Kraft = $\frac{3}{5}$ der Länge der Kurbel, folglich = $\frac{3}{10}$ l (bei gewöhnlicher Einrichtung der Maschine); das Moment dieser Kraft ist also = $\frac{3}{10}$ K l. Aber wenn der Radius des Theilkreises des Zahnrads auf der Achse der Kurbel = R ist und der Druck auf die Zähne = x, so wird R x das Moment der Last oder des Widerstandes seyn, und deshalb ist R x = $\frac{3}{10}$ K l oder

$$x = \frac{3\,K\,l}{10\,R}.$$

Durch diese Formel findet man den Druck, welchem die Zähne eines solchen Rades müssen Widerstand leisten können, und wenn bei der Art der Wirkung keine Stöße oder Reactionen stattfinden, so kann man diesen Widerstand als unveränderlich oder gleichmäßig betrachten. Ganz anders ist der Fall, wenn die Bewegung mitgetheilt wird durch eine zweite Welle, welche das Schwungrad trägt und durch die erste Welle getrieben wird. Denn die Bewegung der Kurbel kann nun durch das Schwungrad nicht regulirt werden, wie durch Vermittelung der Räder der beiden Wellen, da diese Räder gegenseitig die stärkern Eindrücke der Kraft auf das Schwungrad fortpflanzen müssen, welche sie zurückbringen, wenn die Kraft nicht ausreicht. Von solchen Zahnrädern haben dann die Zähne einen sehr veränderlichen Druck zu leiden, der (wie früher mehrmals bemerkt worden ist) in manchen Augenblicken der Bewegung das Dreifache des mittlern Druckes überschreitet. Es ist deshalb nothwendig, daß die Zähne des Räderwerks der ersten und zweiten Welle, und auch zwischen der ersten und zweiten Welle, eine verhältnißmäßig größere Stärke besitzen, als die Zähne des Räderwerks, welches dazu dient, um von der ersten oder von einer zweiten Welle eine regelmäßige Bewegung auf andere Maschinen fortzupflanzen.

Wenn eine zweite Welle vorhanden ist und das Schwungrad von derselben getragen wird, so läuft diese zweite Welle gemeiniglich geschwinder um, als die erste. Selten jedoch überschreitet diese größere Geschwindigkeit die dreifache Geschwindigkeit der ersten Welle, und deshalb sind auch keine Zwischenräder erforderlich, außer wegen örtlicher Behinderungen oder bei unvermeidlich größerer Entfernung der beiden Wellen. Sind dann nur zwei Räder vorhanden, nämlich ein großes Rad auf der ersten und ein kleineres Rad auf der zweiten Welle, so ist die Bestimmung der Stärke der Zähne nur für das größere Rad erforderlich, weil bei beiden Rädern die Theilung der Zähne gleich ist. Und hierbei verliere man nicht aus dem Auge, daß eine Vergrößerung des Durchmessers des großen Rades vortheilhaft ist, sowohl wegen des geringern Drucks, den die Zähne alsdann zu leiden haben (siehe die oben stehende Formel), als auch besonders, weil das kleinere Rad eine genügende Dimension für eine größere Zahl von Zähnen bekommt. Diese Zahl sey eher 30 als 25, im Fall die zweite Welle mit einer dreifachen Geschwindigkeit getrieben werden sollte; für geringere Geschwindigkeit kann sie auch größer seyn, und es ist deshalb nicht ungewöhnlich, daß der Durchmesser eines Rades auf der Kurbelachse gleich sey ungefähr der doppelten Länge des Dampfkolbenlaufs, um mit einer großen Zahl von Zähnen die Bewegung auf die Achse des Schwungrades mit mehr als dreifacher Geschwindigkeit fortzupflanzen.

Die Stärke der Zähne der Räder ist proportional ihrer Breite und dem Quadrat der Dicke auf dem Theilkreis, und also auch dem Quadrate der Theilung, weil die Dicke ein proportionaler Theil der Theilung ist. Die Formel, welche in der I. Abth. des II. Theils Art. 58 für die Bestimmung der Dicke

der Zähne mitgetheilt worden, ist unabhängig von der Breite und dieses in der Voraussetzung, daß für jede 60 Pfund Zunahme im Druck die Breite um 1 niederländischen Zoll vermehrt werde. Auf diese Weise bekommen die Zähne häufig eine zu große Breite und selbst für die Mittheilung sehr regelmäßiger Bewegungen (bei welchen keine Stöße oder nachtheilige Reactionen stattfinden) eine viel größere Stärke, als nöthig ist. Darum wird hier ein anderer Weg eingeschlagen, welcher besonders für den gegenwärtigen Zweck genauere Resultate gewährt.

Wenn keine Abnutzung stattfindet und wenn die Zähne immer über die ganze Breite auf einander drücken, so wird das äußerste Tragvermögen seyn

$$K = \frac{k\,b\,d^2}{b\,l},$$

d. i. für Gußeisen

$$K = 178 \cdot \frac{b\,d^2}{l}.$$

Rechnet man den Druck K aufs Doppelte, — die Länge l durchschnittlich zu $1\frac{1}{2}$ Zoll, — die Dicke zu $\frac{5}{6}$, um Rücksicht zu nehmen auf die Wirkung der Abnutzung, — und setzt man voraus, daß die Berührung einiger Zähne wegen weniger genauer Stellung der Räder, oder in Folge einer weniger vollkommenen Konstruction, nur auf dem dritten Theile der Breite stattfindet, so wird die reducirte Formel

$$K = 13{,}73\ b\,d^2.$$

Daraus folgt

$$b\,d^2 = 0{,}072\ K.$$

Die Dicke d beträgt gemeiniglich $\frac{7}{15}$ von der Entfernung der Mittelpunkte, d. h. von der Theilung oder der Schrift der Zähne; setzt man die Länge dieser Theilung $= t$ Zolle und setzt man ferner für K den Dampfdruck $= 0{,}7854\ D^2\,p$, so bekommt man

$$b\,t^2 = 0{,}26\ D^2\,p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (61).$$

Durch diese Formel kann die Breite der Zähne berechnet werden, wenn ihre Theilung oder Schrift gegeben ist, oder man kann die Theilung bestimmen, wenn das Rad eine bestimmte Breite haben soll. Gleichwohl kann die Formel nur dann benutzt werden, wenn der Druck auf die Zähne gleich ist dem ganzen Druck des Dampfs auf den Dampfkolben, d. i. wenn der Radius des Theilkreises gleich ist der Länge der Kurbel, oder der Durchmesser des Theilkreises gleich ist der Länge des Dampfkolbenlaufes. Ist deshalb der Durchmesser m größer oder kleiner, als der Kolbenlauf l, so muß die Stärke der Zähne in demselben Verhältnisse vermindert oder vermehrt werden. Man hat deshalb im Allgemeinen

$$b t^2 = 0{,}26\, D^2\, p\, \frac{l}{m} \quad . \quad . \quad . \quad (62).$$

Für niederen Dampfdruck kann $p = 1$ gesetzt werden; für höhere Drucke wird p gleich dem größern Druck auf eine Fläche des Kolbens, in wiefern er den Gegendruck auf die andere Fläche übertrifft; l und m sind in niederländ. Ellen gegeben.

Es sey der nützliche Dampfdruck auf den Kolben $= p'$, — die Zahl der Umgänge der ersten Welle in der Minute $= N$, und das Vermögen der Maschine in Pferdekräften $= P$, so ist

$$P = \frac{0{,}7854\, D^2\, p'\, l \cdot 2\, N}{4556},$$

oder

$$D\, l = 2900 \cdot \frac{P}{N p'},$$

und bringt man diese Werthe in die Formel (62), so erhält man

$$b t^2 = 754 \cdot \frac{p}{p'} \cdot \frac{P}{mN} \quad . \quad . \quad . \quad (63).$$

Beispiel. Die erste Welle einer Dampfmaschine von 30 Pferdekräften macht in

der Minute 19 Umgänge und trägt ein Zahnrad von zwei niederländischen Ellen Durchmesser auf dem Theilkreise, damit die Welle des Schwungrades $38\frac{1}{2}$ Umgänge in der Minute mache (vergleiche das Beispiel in Art. 306); der nützliche Dampfdruck ist die Hälfte des größten Dampfdruckes. Wenn nun das gedachte Rad 77 Zähne bekommen soll, welche Breite muß man alsdann den Zähnen geben, wie groß wird der Durchmesser des Theilkreises des kleinen Zahnrades seyn, und wie viele Zähne muß dasselbe bekommen?

Wenn der Theilkreis des großen Rades einen Durchmesser von 2 niederländischen Ellen oder 200 Zoll besitzt, so wird der Umfang eine Länge haben von 628,32 Zollen, und wenn das Rad 77 Zähne bekommen soll, so wird die Theilung 8,16 Zoll betragen. Deshalb ist in der allgemeinen Formel

$$b\,t^2 = 754 \cdot \frac{p}{p'} \cdot \frac{P}{mN}$$

$t = 8{,}16$; $p = 2\,p'$; $P = 30$; $m = 2$; $N = 19$ und

$$b = \frac{754 \cdot 2 \cdot 30}{(8{,}16)^2 \cdot 2 \cdot 19} = \frac{22620}{66{,}5856 \cdot 19} = \frac{22620}{1265} =$$

beinahe 18 Zoll.

Für den Durchmesser des Theilkreises des kleinen Rades wird man finden

$38\frac{1}{2} : 19 = 2$ Ellen $: x = \frac{76}{77} = 0{,}984$ Ellen.

Und die Zahl der Zähne des kleineren Rades wird seyn

$$38\tfrac{1}{2} : 19 = 77 : x = \frac{19 \cdot 77 \cdot 2}{77} = 38.$$

Für andere Zahnräder, als die hier vorausgesetzten, mit welchen ein nicht veränderlicher Druck regelmäßig fortgepflanzt wird, bedürfen die Zähne nur

Digitized by Google

$\frac{1}{20}$ oder selbst $\frac{1}{3}$ der Stärke, welche man durch die oben stehenden Formeln findet. Sollten jedoch plötzliche Stöße stattfinden, oder die Zurückwirkung auf die erste Welle sehr nachtheilig seyn können, so bedürfen die Zähne des Räderwerks eine größere Stärke. Aber statt dieser größern Stärke, d. h. der größern Dicke und Breite der Zähne kann man für große Räder eine besondere Verstärkung anempfehlen, durch welche sie als beinahe unzerbrechbar betrachtet werden können. Diese Verstärkung besteht in einer Einfassung der Zähne (Fig. 591), wodurch sie gleichsam zwischen den beiden Einfassungen **A B** und **E F** eingeschlossen sind, oder durch welche die Zwischenräume der Zähne an den beiden Enden gleichsam mit Metall ausgefüllt werden, indem diese Einfassungen mit den Zähnen, den Felgen ꝛc. aus einem Stücke gegossen sind. Die Figur stellt das Rad, von der Vorderseite der Zähne gesehen, zur Hälfte dar; **C D** ist ein Theil der Welle; mehrerer Deutlichkeit halber sind die Zwischenräume der Zähne auf dem Grunde schraffirt.

Es ist auch ein sehr gebräuchliches Verfahren, große Zahnräder, welche nicht langsam getrieben werden (so daß die Geschwindigkeit am Umfange größer als 1 Elle ist) mit hölzernen Zähnen zu versehen. Da die Wirkung von Holz auf Eisen sanfter ist, als von Holz auf Holz, oder von Eisen auf Eisen, so sind auch die hölzernen Zähne sehr gut geeignet, wenn in der Bewegung Stöße vorkommen. In jedem Falle wird die Abnutzung geringer seyn, als bei Zähnen aus demselben Stoff; und obgleich man einen gebrochenen hölzernen Zahn augenblicklich wieder ersetzen kann, so ist es doch immer, wie sich von selbst versteht, besser, das Brechen der Zähne zu verhüten. Für diesen Zweck kann man z. B. (nach dem so eben erwähnten Verfahren) die beiden Seiten **A B** und

Digitized by Google

E F Fig. 592 des Radumfangs in der Form gezahnter Räder gießen, so daß die hölzernen Zähne a b, a b zwischen den Zähnen c, c ꝛc. ganz eingeschlossen würden. Die hölzernen Zähne könnten auch sogar des gegenseitigen Anschließens halber mit hölzernen Querstücken vereinigt werden ꝛc.

Die Stärke der Speichen der Zahnräder muß dem auf die Zähne ausgeübten Drucke proportional seyn; durch diesen Druck entsteht eine Neigung, gleichzeitig alle Speichen zu biegen. Diese Biegung kann ohne Nachtheil größer (und sogar doppelt so groß) vorausgesetzt werden, als diejenige, die wir bei Bestimmung der Stärke der Speichen eines Schwungrades (Art. 307, Formel 59) angenommen haben, es müßte denn die Wirkung mit Stößen verbunden seyn ꝛc. Sie ist deshalb auch zu klein angenommen in den Formeln, welche für verschiedene Formen von Zahnradspeichen in der I. Abtheilung des II. Theils Art. 63 angegeben sind. Meistentheils wird eine Biegung, oder eine angenommene Biegung von 3 bis 4 Linien auf die Elle der Länge der Speichen (aus dem Mittelpunkte des Rades bis an den gezahnten Umfang gerechnet) nicht nachtheilig seyn können, wenn der Druck auf die Zähne gleichmäßig ist und wenn er mit einer mäßigen Geschwindigkeit mitgetheilt wird. Die erwähnten Formeln können dann auch für den vorliegenden Fall und unter den eben genannten Bedingungen mit hinlänglicher Sicherheit angewendet werden, wenn man die durch dieselben ausgedrückte Stärke bis auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ reducirt.

Ende des vierten Theils.

Digitized by Google

Verbesserungen und Zusätze für die I. und II. Abtheilung.

Seite 30, Zeile 7 von unten steht: „Zwei Theile Zinn und ein Theil Blei." Dafür muß es heißen: 2 Theile Zinn und 1 Theil Wismuth.

Seite 34, Zeile 4 von unten steht: „Torf ..... (10,00 bis 25,00)". Man bemerke hierbei, daß die aus manchen Torfarten der Niederlande entwickelte Anzahl Wärmeeinheiten wohl an 4000 betragen kann.

Seite 42, Zeile 21 — 24 von oben. Die angegebenen Zahlen von Wärmeeinheiten sind diejenigen, welche die sogenannte Quantität der verborgenen (latenten) Wärme ausmachen, d. i. welche noch über die Zahl der Grade der Siedhitze vorhanden sind.

Seite 67. Die Formel

$$v = V \cdot \frac{1 + 0{,}00375 \cdot t}{1 + 0{,}00375 \cdot T},$$

welche ausdrückt die Veränderung des Volumens V einer Luftart, deren ursprüngliche Temperatur von T 100theiligen Graden in einer Temperatur von t Graden verändert wird, kann auch so dargestellt werden.

$$v = V \cdot \frac{266{,}666 + t}{266{,}666 + T};$$

und für rohe Berechnungen kann man setzen

$$v = V\,(1 + 0{,}00375\,(t - T)).$$

Digitized by Google

Uebrigens ist die Schlußfolgerung, welche in Art. 19 vorgetragen worden ist, für den Zweck, um zu beurtheilen, ob eine Erwärmung des Dampfes, abgeschieden von kochendem Wasser, vortheilhaft seyn könne, nicht richtig. Die Sache kann aus einem andern Gesichtspunkte betrachtet werden und das Nachfolgende diene zur Verbesserung.

Zur Erzeugung von Dampf, welcher eine Temperatur von 100° C. besitzt, sind 650 Wärmeeinheiten (ohne die Verluste zu berücksichtigen) erforderlich. Wenn die specifische Wärme des Wassers = 1 ist, so ist diejenige des Dampfes = 0,847; folglich wird die Quantität Wärme, welche erforderlich ist, um die Temperatur von z. B. 1 Pfund Wasser um einen Grad zu erhöhen, 1 Pfund Dampf eine Temperaturerhöhung von 1°,19 geben können.

Wenn nun eine andere Quantität von 650 Wärmeeinheiten verwendet wird, um die Temperatur von 1 Pfund Dampf zu erhöhen, so muß diese Erhöhung $650 \times 1{,}19 = 775$ Grade betragen. Und wenn das Volumen des Dampfes von 100 Graden = V ist, so wird für eine Vermehrung von 775 Grad die Vermehrung in der Extension dieses Dampfes

$= V\,(1 + 0{,}00375 \cdot 775) =$ beinahe 4 V

werden. In diesem vierfachen Raume ausgedehnt, wird der Dampf dieselbe Spannung behalten, als der nicht besonders erwärmte Dampf von 100° C. Mit einer doppelten Quantität Wärme. d. i. mit 1300 Wärmeeinheiten kann also eine vierfache Wirkung erlangt werden, während, wenn der Dampf mit dem Wasser in Berührung bleibt, die doppelte Quantität von 650 Wärmeeinheiten d. i. die Quantität von 1300 Wärmeeinheiten nur eine doppelte Quantität Dampf von 100° C. erzeugen kann, und die Wirkung wird alsdann nicht mehr als verdoppelt.

Digitized by Google

Es wird deshalb sehr vortheilhaft seyn, den Dampf abgeschieden vom Wasser zu erwärmen, und wenn er ausgedehnt ist, anzuwenden, und zwar um so viel vortheilhafter, je größer die ursprüngliche Dampfspannung war, aber für diese Anwendung dürften in der Praxis viele und große Schwierigkeiten bestehen und vielleicht dürften die Wärmeverluste bei der Erhitzung des abgeschiedenen Dampfes so groß seyn, daß das Vortheilhafte der Wirkung ganz unkenntlich würde.

Seite 103. Was gesagt worden ist über die Unterscheidung des Dampfes in Dampf von niederem, mittlern und hohen Druck, wird nicht immer auf dieselbe Weise verstanden und ist auch in gewisser Hinsicht willkürlich, wenigstens sehr relativ. Für die Dampfmaschinen, mit welchen in den Niederlanden nach einem königlichen Befehl eine Untersuchung und Probe angestellt wird, gründet sich der Punkt der Unterscheidung allein auf den Grad des Dampfdrucks, und der Dampf heißt von niederem, von mittlerem und von hohem Druck, je nachdem dessen Ueberdruck (über den atmosphärischen) weniger als 1 Atmosphäre oder zwischen 1 und 3½ Atmosphären, oder größer als 3½ Atmosphären ist.

Seite 94—111, Art. 29. Es gibt noch verschiedene andere Arten, wie der Dampf als Bewegkraft benutzt werden kann, oder durch welche man von der Kraft des Dampfes einen nützlichen Gebrauch machen kann, jedoch können sie nur in ganz besonderen Fällen Vortheil gewähren, so daß auch ihre Anwendung sehr beschränkt bleiben muß. Deshalb ist von ihnen im Texte nichts erwähnt.

Zu den besondern Arten der Benutzung des Dampfes oder zu den besondern Arten der Dampfmaschinen gehören nun:

Digitized by Google

1) Die Reactionsmaschine, was eine ganz einfache Maschine ist, welche aus einer hohlen Spindel oder Welle besteht, mit zwei oder mehrern hohlen Armen, von denen jeder am Ende eine kleine seitenständige Oeffnung besitzt. Wenn nun der Dampf in die hohle Achse oder Spindel einstreichen kann, so fließt derselbe durch die erwähnten Oeffnungen aus, und die Gegenwirkung oder Reaction ist die Ursache der geschwinden Umdrehung der Spindel oder Welle. Eine solche Maschine scheint schon dem Hero von Alexandrien bekannt gewesen zu seyn, der anderthalb Jahrhunderte vor Christus lebte. In Amerika hat man in den letzten Jahren den Versuch gemacht, kleine Dampfmaschinen, die nach demselben Grundsatze wirken, anzuwenden.

2) Die Maschine des Thomas Savery besteht aus einem geschlossenen cylindrischen Gefäß, in welchem der Dampf auf eine Wassermasse drückt, um dieselbe durch Röhren, in welchen die nöthigen Ventile angebracht sind, auf eine bestimmte Höhe zu heben. Diese Maschine, oder lieber dieser Apparat, war der erste, durch welchen die Dampfkraft für nützliche Zwecke angewendet wurde. Savery benutzte sie im Anfange des vorigen Jahrhunders, um Wasser aus Bergwerken zu heben; ihr folgte sehr bald die Maschine von Newcomen, welche unter dem Namen der atmosphärischen Maschine bekannt ist. So wie dieser Apparat durch Savery erfunden worden ist, kann er manchmal benutzt werden, um heiße Flüssigkeiten, die vorher durch den Dampf erwärmt werden müssen, zu fördern oder zu heben. Zum Heben von kaltem Wasser ist ihre Anwendung sehr unvortheilhaft.

3) Die verbesserte Maschine von Savery, um damit Wasser zu heben, wie auch Bewegung mitzutheilen, für welchen letzteren Zweck das gehobene

Wasser ausgegossen wird in ein Gerinne, um ein überschlächtiges Wasserrad zu treiben. Diese verbesserte und in manchen Fällen mit Nutzen anzuwendende Maschine haben theils Savery selbst, theils Pontifex, Kier und Nancarrow hergestellt.

4) Die Dampfräder des William Congreve (des berühmten Erfinders der Congreviſchen Raketen und des Congrevedrucks) drehen sich in einer mit warmen Wasser gefüllten Kammer, durch welche der Dampf in die Schaufeln der Räder aufsteigt und diese umtreibt.

5) Masterman's Dampfrad, ein Rad mit hohlem Umfang, in dessen einer Hälfte durch den Dampfdruck und mit Hilfe von Ventilen eine Flüssigkeit beständig getragen wird, so daß an der einen Seite des Drehungspunktes immer ein Uebergewicht besteht, um dadurch das Rad in Drehung zu versetzen.

Seite 180, Zeile 8 von oben. In den Figuren auf Tafel I. sind die Roststäbe gerade nicht in der zweckmäßigsten Form abgebildet. Besser ist es, daß sie oben platt sind; sie müssen auch dichter neben einander liegen. In Figur 16 ist die Abschrägung L c von der Hintermauer des Heerdes zu stark dargestellt. Es wird jedoch über die zweckmäßige Konstruction und Einrichtung der Feuerheerde ꝛc. in der III. Abth. Kap. I. §. II. und III. ganz speciell gehandelt. Man vergleiche auch noch die Figuren der Tafel XIII.

Seite 207, Zeile 8 von oben. Was hier von dem Anschließen der Dampfschubladen an die Hinterplatte oder den Spiegel der Dampfkammer gesagt worden ist, verdient eine vollkommene Berichtigung. Das dampfdichte Anschließen findet statt in Folge des Dampfdruckes gegen den Rücken der Schubladen und die Nuthen sind nicht gegen die Ränder der Dampf-

Digitized by Google

schubladen gepreßt, sondern dienen nur zur gehörigen Leitung der Dampfschubladen (vergleiche III. Abth. Kap. IV. §. IV. Art. 214).

Seite 240, Zeile 22 von oben. Man setze hier noch zu: auch ist eine Biegung der Stange des Luftpumpenkolbens oder eine ringförmige Oeffnung in dem unteren Hinterbolzen des Parallelogramms für diesen Zweck dienlich (vergleiche Fig. 508, 509, 510, Taf. XXVIII.).

Seite 277. Da die Dampfmaschinen auch angewendet werden, um in Fabriken andere Maschinen zu treiben, so findet man sie jetzt in vielen Fabriken, wo man sich sonst der Roßwerke bediente. Wo deshalb die Dampfmaschine an die Stelle eines Roßwerkes tritt, wird auch die Zahl der Pferde, durch welche früher das Roßwerk in Bewegung gesetzt wurde, als Maasstab für die Bestimmung der Größe der Dampfmaschine angenommen. Daraus entstand die Pferdekraft als Einheit, um die Kraft einer Dampfmaschine auszudrücken. Diese Einheit ist jedoch sehr unvollkommen und würde ohne den erwähnten Umstand gar nicht benutzt worden seyn. Es würde z. B. genauer und zweckmäßiger seyn, wenn man das Kraftvermögen einer Dampfmaschine nach den je 1000 niederländischen Pfunden abmessen wollte, die mit oder durch die Maschine in Zeit von einer Minute eine niederländische Elle hoch gehoben werden können, sobald dabei die Art und Größe der Maschine und die Quantität des verbrauchten Brennstoffes ausgedrückt würde. Zum Theil befolgt man eine solche Rechnungsart in England, indem man die Wirkungen von Dampfmaschinen vergleicht, die ausschließlich benutzt werden, um Wasser und Erze aus Bergwerken zu heben und zu Tage zu fördern.

Digitized by Google

Wenn man z. B. rechnet, daß eine Pferdekraft gleichstehe der Kraft, welche erforderlich ist, um 4560 niederl. Pfunde in 1 Minute 1 niederl. Elle hoch zu heben und daß für Maschinen von mittlerem Kaliber $4\frac{1}{2}$ niederl. Pfund gute Steinkohlen auf jede Pferdekraft in 1 Stunde nöthig sind, so müssen durch Anwendung von 1 niederl. Pfunde Steinkohlen 60,000 niederl. Pfunde 1 Elle hoch gehoben werden können. Diese Summe ist gleich 220,000 englischen Pfunden, 1 englischen Fuß hoch gehoben, mit Consumtion von 1 englischen Pfunde Steinkohlen. Wird ein Bushel (84 engl. Pfund) Steinkohlen consumirt, so ist dieses gleich dem Heben von $18\frac{1}{2}$ Millionen englischen Pfunden 1 englischen Fuß hoch. Größere Maschinen heben nach diesem Maasstabe 19 und 20 Millionen englische Pfunde. Und bei Maschinen, in deren Cylinder der Dampf mit Ausdehnung wirkt, kann dieses relative Maas bis zu 23 Millionen englische Pfunde reichen. Hierbei muß jedoch sowohl die Art und die Größe der Maschinen, wie auch die Art der Wirkung und die Beschaffenheit des Brennstoffes immer angegeben werden.

Seite 324, Art. 63. Man verliere nicht aus dem Auge, daß die Beschreibungen in diesem Artikel hauptsächlich dazu dienen, um zu erläutern, wie die Bewegung der Dampfschubladen regulirt werden müsse, damit der Dampf im Cylinder mit Ausdehnung wirken könne. Denn die unterbrochene Bewegung der Dampfschubladen durch krummlinige Excentrica ist gerade nicht die geeignetste, oder mit andern Worten, wenn eine Dampfschublade ununterbrochen dampfdicht an dem Spiegel der Dampfkammer anschließen soll, und wenn zu ihrer Steuerung die geringste Kraft verwendet werden soll, so muß auch ihre Bewegung ununterbrochen stattfinden. Die Stöße der Hebeköpfe oder der krummlinigen Excentrica gegen die Stan-

Digitized by Google

gen der excentrischen Scheiben müssen auch sehr nachtheilig seyn und wesentlichen Kraftverlust verursachen können. Vergleiche III. Abth. Kap. IV. §. VII. Art. 224 und Kap. VII. §. II. Art. 288.

Seite 412, Zeile 6 von oben steht: „einer kupfernen oder auch metallenen Platte," wozu man setzen möge: einer ꝛc. metallenen (nämlich aus Glockenspeise) Platte.

Seite 488. Die Angabe der Dampfmaschinenzahl in den Niederlanden ist vom Jahr 1832. Diese Anzahl nimmt jährlich zu und kann gegenwärtig (1837) auf folgende Weise angegeben werden: In Südholland 25 Dampfmaschinen, welche zusammen eine Kraft von 436 Pferden ausüben. In Nordholland 18 Dampfmaschinen, die zusammen eine Kraft von 320 Pferden besitzen. In Nordbrabant 16 Dampfmaschinen, die zusammen 154 Pferdekräfte besitzen. In Gelderland 5 Dampfmaschinen von 98 Pferdekräften zusammen. In Overyssel 4 Dampfmaschinen, zusammen von 56 Pferdekräften. In Utrecht 3 Dampfmaschinen, zusammen von 46 Pferdekräften. In Seeland 1 Dampfmaschine von 10 Pferdekräften. Im Ganzen also 72 Dampfmaschinen, zusammen von 1120 Pferdekräften. Auf 30 Dampfbooten sind 58 Dampfmaschinen, welche zusammen eine Kraft von reichlich 2200 Pferden besitzen. Die Zahl der Dampfmaschinen beträgt also 130 und ihr nominales Kraftvermögen 3320 Pferdekräfte.

Seite 506, Zeile 12 von unten. Zur Verbesserung kann noch hinzugefügt werden, daß in den letzten Jahren viele Versuche über die zweckmäßige Einrichtung von Schaufelrädern mit beweglichen Schaufeln gemacht worden sind, von denen manche der Erwartung sehr gut entsprochen haben. Es ist jedoch immer noch wahrscheinlich, daß die große Complica-

Digitized by Google

tion dieser Räder und der Umstand, daß ihre Theile auch früher wandelbar werden müssen, ein wesentliches Hinderniß ihrer allgemeinern Anwendung bleiben wird. Ueber dieses gewähren sie nicht sowohl eine bessere Fortbewegung der Schiffe, sondern bewirken vielmehr, daß letztere senkrecht eintauchen und weder schlingern noch stampfen. Dadurch wird nicht nur das Schiff und die Räder länger erhalten, und es kann ein größerer Theil der Kraft nützlich verwendet werden. Aber um diesen Zweck zu erreichen, sind die Schaufelräder mit beweglichen Schaufeln nicht die einzigen Mittel, denn es es scheint, daß die weit einfachern Räder Galloway's dem Zweck eben so gut entsprechen. Diese Räder haben feste Schaufeln, die jedoch nicht aus einzelnen ebenen Bretern bestehen, sondern aus 6 oder mehr kleineren Theilen in einer krummlinigen Richtung und mit über einander angebrachten Zwischenräumen, so daß das Wasser ungehindert Durchgang finden kann, wenn die Schaufeln in das Wasser eintauchen, oder dasselbe verlassen.

Seite 530, Zeile 17 von oben steht: „die Stangen d i Fig. 114 sind durch Bolzen mit der Mitte der Vorderarme der Balanciers verbunden.

Dieses ist ein Irrthum, welcher in der Figur nicht verbessert worden ist. Wenn die Lenkstangen d e kürzer sind, als die Parallelstangen d c, so können die Verbindungspunkte i der Hinterstangen des Parallelogrammes nicht in der Mitte der Arme des Balanciers liegen; sie müssen alsdann näher an die Drehungspunkte des Balanciers kommen. In der III. Abth. Kap. VI. §. II. Art. 268 ist die Verbesserung dieses Irrthums sehr bestimmt angegeben (vergl. auch Fig. 517.)

Digitized by Google

Verbesserungen und Zusätze der III., IV. und V. Abtheilung, oder des Ergänzungsbandes.

Seite 92. Sehr lange Kessel von 8 bis 10 niederländischen Ellen Länge können auch zur bequemen und sichern Anfertigung, Transport und Aufstellung aus zwei besondern Stücken zusammengesetzt werden. Sie werden hinter einander gestellt und lassen nur einen Zwischenraum von 8 bis 10 niederländischen Zollen, der vermauert wird, so daß sie dadurch zu einem durchlaufenden Ganzen vereinigt sind. Es versteht sich von selbst, daß die Wasser- und Dampfräume durch kurze Röhren mit einander communiciren.

Seite 203. Die Queranker in weiten Dampfkesseln werden manchmal ersetzt durch schräge Anker, die den gewölbten Boden mit den eingebogenen Seitenwänden verbinden. Wenn die Haube nur schwach gewölbt ist, so sind gleichfalls stehende oder vertikale Anker erforderlich. Kessel mit flachen, oder mit ziemlich flachen Hauben und Wänden, wie z. B. Dampfbootkessel für Maschinen von niederem Drucke bedürfen ganz besonders eine tüchtige Verankerung nach allen Richtungen, damit nirgend eine nachtheilige Ausdehnung stattfinden könne. Die Beobachtung einer großen Sorgfalt bei der Verankerung und Verstärkung der Dampfkessel, oder ihrer geradlinigen Wände (sowohl Außenwände, als Wände von Kanälen und dergleichen) ist im Allgemeinen eine Sache vom größten Belang.

Seite 226. Statt den hohlen Cylinder durch die Dampfmaschine mit Unterbrechungen zu drehen, kann die Oeffnung auch bewerkstelligt werden mittelst eines Rades, welches außerhalb des Troges auf der verlängerten Welle des Cylinders aufgezogen ist und mittelst einer Schraube ohne Ende mit der Hand gedreht wird.

Seite 235 bis 242. Hinsichtlich der rauchverzehrenden Heerde muß bemerkt werden, daß die Einrichtung derselben noch viel zu wünschen übrig läßt. In England, wo die Fabriken gerade nicht durch die größtmögliche Reinlichkeit hervorstechen, scheint man auf diesen Punkt wenig Rücksicht zu nehmen, auch weil man daselbst oft auf die Ersparung von Brennmaterial wenig Rücksicht zu nehmen braucht. Die größten Vertheidiger der Dampfmaschinen müssen jedoch zugeben, daß der Niederschlag von Rußtheilen, welche in dem dicken aufsteigenden Rauch aus den Schornsteinen der Dampfkesselöfen enthalten sind, oder mit diesem Rauche fortgeführt werden, höchst belästigend ist. Ganz und gar wird diese Belästigung nicht aufhören, wenn selbst der Rauch vollkommen verbrannt würde, weil doch die Schornsteinwände mit Ruß belegt werden, dessen Theile durch einen starken Zug ausgetrieben und verbreitet werden. Aber dieser Nachtheil darf nicht einzig und allein auf Rechnung der Dampfmaschinen geschrieben werden; denn dieselbe Unannehmlichkeit haben alle Schornsteine von Fabriken, in welchen Feuerheerde vorhanden sind, und selbst die Schornsteine der Küchenheerde und der Wohnzimmer bilden hier keine Ausnahme.

Man kann durch die Verbrennung des Rauches, der beim Aufgeben frischer Kohlen aufsteigt, schon viel gewinnen. Der Heerd mit dem drehenden Roste von Brunton gewährt diese Wirkung nicht ganz nach Wunsch, und seine kostbare Konstruction ist auch

ein Hauptgrund gegen seine allgemeinere Anwendung. Das Einströmen von Luft, sowohl hinten auf den Heerd, als oben auf die Kohlen (Fig. 206) gewährt meistentheils einen genügenden Effect, besonders wenn diese Luft bis zu einem gewissen Grade erwärmt ist, für welchen Zweck man sie zuvor durch Röhren leiten kann, welche zum Theil durch die Schornsteinröhre und durch die Flammenzüge geführt werden. Wahrscheinlich aber erlangt man die vollkommenste Verbrennung durch ein zweites Feuer auf die Weise, welche in Art. 168 (Fig. 207) beschrieben ist, wobei jedoch der zweite Heerd unter dem andern Ende, oder an der Seite des Kessels liegen kann. Von einem Torffeuer ist die aufsteigende Rauchsäule niemals so dick, als von einem Steinkohlenfeuer, und die Unannehmlichkeit eines solchen Rauches besteht alsdann in einem geringern Maase; aber in vielen Fällen ist die Anwendung von Torf auf Dampfkesselheerden unvortheihaft.

Seite 225, Zeile 5 von oben. Statt eines Stöpselventiles in dem stehenden Stück einer Dampfröhre genügt dem Zweck eben so gut und häufig noch einfacher ein Hahn im Dampfrohre selbst, sobald der Durchmesser dieser Röhre nicht groß ist. Diesen Hahn könnte man einen Stöpselhahn (Stopkraan) nennen.

Seite 271 bis 273. Die hier beschriebenen Sicherheitsröhren sind auf Kesseln für niederen Druck die besten Mittel, um unabhängig von einiger Aufmerksamkeit einen vorhandenen Wassermangel zu erkennen oder ankündigen zu lassen. Am einfachsten besteht eine Sicherheitsröhre aus einer offenen Röhre, die im Kessel nicht umgebogen ist, sondern höchstens unter dem offenen unteren Ende mit einem Schirme versehen ist, theils um das Aufwallen des Wassers zu verhindern, theils um zu berücksichtigen,

Digitized by Google

daß die schwankende Bewegung der Wassersäule nicht zu sehr vermehrt werde durch die schäumende Bewegung des Wassers im Kessel. Wenn das offene untere Ende von dem obern Ende der höchsten Feuerkanäle eine Entfernung von acht oder zehn niederländischen Zollen hat, so ist dieser Abstand schon genügend, weil die Röhre (ohne eine complicirtere Einrichtung des in den Kessel reichenden Theiles) meistens zu wirken beginnt, ehe das Wasser bis an das offene untere Ende gestiegen ist. Diese Wirkung besteht nicht in ihrer Ausleerung und darauf folgenden Dampfaustreibung, sondern in einer mehr oder weniger starken, jedoch stets zunehmenden Ausspritzung von Wasser. Deshalb sind besondere Einrichtungen am obern Ende, um Geräusch zu erzeugen, meistentheils unnöthig. Aber damit die Röhre auch keine Unannehmlichkeit durch eine zu frühzeitige Ergießung von Wasser verursache, muß das gewöhnliche Kaltwasserniveau im Kessel wenigstens einen Palm über das offene untere Ende der Röhre reichen.

Seite 295, Zeile 7 von oben. Nur allein derjenige Theil des Drahtes, welcher durch die Stopfbüchse läuft, muß vollkommen gerade seyn. Derjenige Theil des Hebels vom Stöpsel bis an die Stopfbüchse kann aus einer dünnen Kette, oder aus an einander gehängten Drahtenden bestehen.

Seite 345. Als eine vierte Hauptursache der Beschädigung oder Vernichtung des Dampfkessels muß auch die Versäumniß der Reinigung des Kessels betrachtet werden. Da der Niederschlag verhärtet, so kann selbst der Kesselboden, oder derjenige Theil des Kessels, über welchem der Wasserstand am höchsten ist, glühend werden und eine solche Schwäche erlangen, daß der Dampfdruck mehr als ausreichend

Digitized by Google

ist, den Kessel zu zerreißen, oder auf eine entsetzliche Weise zu vernichten.

Seite 355, Zeile 15 von unten. Obgleich der Gebrauch von Bleipfröpfen nicht ungewöhnlich ist, so kann er doch zu großen Unannehmlichkeiten Veranlassung geben und ist deshalb meistentheils nicht rathsam.

Seite 365, Zeile 15 von oben. Gegenwärtig ist die Anwendung schmelzbarer Plättchen im Königreiche der Niederlande nicht mehr geboten. Und man kann auch diese Art von Plättchen unter die unvollkommenen oder wenig leistenden Sicherheitsmittel rechnen. Weit wichtiger ist es, auf sorgfältige Reinigung der Kessel und auf gute Mittel Rücksicht zu nehmen, den nahenden Wassermangel zu erkennen.

Seite 469, Zeile 12 von unten. Man setze hinzu: weil der Hahn des Herrn Bramah durch den Dampf meistentheils von oben gedrückt wird, so ist auch der Seitendruck gegen die Wand der Büchse besser vertheilt und darum ist auch die Abnutzung gleichmäßiger. Je nachdem diese Abnutzung fortschreitet, wird auch der Hahn durch den Dampf, welcher von oben drückt, wieder in der Büchse zum Schließen gebracht, und über dieses wird noch der größte Theil des Seitendrucks auf den Schlüssel, oder auf den Schacht des Hahns ausgeübt.

Seite 476, Zeile 10 von unten steht: „ungleiche Ausdehnung," wofür zu lesen ist: „ungleiche Ausdehnung durch ungleiches Andrücken in den Büchsen."

Seite 480, Zeile 15 von oben steht: „durch Druckstücke ꝛc.," wofür man lesen möge: „durch den Dampfdruck selbst oder durch gegliederte Ringe (packringen)."

Seite 492. Zu demjenigen, was hier gesagt worden ist über die Unbequemlichkeit, eine einzige lange Dampfschublade anzuwenden, kann man hinzusetzen, daß eine solche Anwendung selbst bedeutende Hindernisse finden würde, wegen der sehr beträchtlichen Reibung, welche der Dampfdruck auf die ganze hintere Fläche der Schublade ausübt.

Artikel 217, 218, 224. Man vergleiche hierbei, was noch über einige Verbesserungen oder verbesserte Einrichtungen von Dampfschubladen und Dampfschiebeventilen vorgetragen und entwickelt worden ist, Kap. VII. Art. 288, 289 und 289*.

Digitized by Google

Register.

(In diesem Sachregister bezeichnen die römischen Zahlen I. II. III. und IV. die vier Abtheilungen und V. den Anhang, dagegen die arabischen oder deutschen Zahlen die Artikel, in welchen die verschiedenen Gegenstände entwickelt oder behandelt sind.)

A.

Abkühlung des Dampfes durch Röhrenwände. I. 25, 26, 27.
— des Dampfes in Dampfröhren und in Cylindern. II. 50.
— desgleichen. II. 57.
— erwärmter Körper oder Verlust der Wärme durch Abkühlung. I. 5.
Abzugsröhre für den Dampf. III. 184.
Achse. Besonderer Druck, durch die Wirkung der Kraft auf die Kurbelstange, welcher gegen die Welle einer Dampfmaschine ausgeübt wird. V. 250.
— Stärke der Achsen und ihrer Hälse. V. 305.
Aitken und Steel. Beschreibung ihres Kohlenspeisungsapparates. III. 165.
Alkohol, Quantität der Ausdehnung durch die Wärme. I. 7.
— Siedepunkt. I. 8.
— Quantität der latenten Wärme des Alkoholdampfes. I. 11.
Anker in Dampfkesseln. II. 36. Ferner Zusätze.
Anzeiger des Dampfdruckes von Watt. II. 299.
— des Wasserspiegels (in einem Dampfkessel); siehe Wasserzeiger. II. 37.

Digitized by Google

Aschenraum, Einrichtung desselben. III. 138.
Atmosphärische Maschine, Erklärung der Einrichtung und der Wirkung der drehenden Dampfschublade. IV. 213.
— Fortpflanzung der Bewegung auf die Balanciers dieser Maschine. V. 261.
— hauptsächliche Erklärung der Einrichtung. I. 29.
— mechanische Steuerung dieser Schublade. V. 277.
Aufsteigende Verbindungsstangen, Stärke derselben. V. 296.
Ausdehnung, allgemeine Berechnung der Kraft des Dampfes, welcher durch Ausdehnung in einem einzelnen Cylinder wirkt. I. 31.
— desgleichen in zwei verbundenen Cylindern. I. 32.
— Dampfmaschinen, in deren Cylindern der Dampf durch Ausdehnung wirkt; deren Einrichtung, Berechnung ihrer Kraft ꝛc. Siehe Dampfmaschine.
— der elastischen Flüssigkeiten. I. 7.
— der festen Körper. I. 7.
— der Feuchtigkeiten. I. 7.
— der Körper durch die Wärme. I. 7.
— der Metallstäbe, um eine erhöhte Dampftemperatur in einem Kessel daran zu erkennen. III. 190.
— des Dampfes. I. 21.
— desgleichen für Dampfmaschinen von doppelter Wirkung. V. 283.
— Einrichtung der Dampfschubladen und die Steuerungsart, um den Dampf durch Ausdehnung in einem Cylinder wirken zu lassen. V. 288.
— Beschreibung einer doppelten, besonders für diesen Zweck eingerichteten Dampfschublade. V. 289.*
— mechanische Mittel zur Steuerung der Dampfventile einer Dampfmaschine von einfacher Wirkung, in deren Cylinder der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. V. 277.
— mechanische Mittel zur Steuerung der Dampfhähne, um den Dampf durch Ausdehnung wirken zu lassen. V. 286.
Ausströmung, Gesetz derselben und Bewegung des Dampfes. I. 23, 24.

B.

Balanciers, an der Seite oder unter den Treibcylindern angebracht. II. 89, 110; V. 268.
— Arten der Unterstützung. V. 266.

Digitized by Google

Balanciers, Beschreibung und Angabe eiserner Balanciers für Dampfmaschinen. II. 44, 110 u. 112.
— hölzerne. V. 267.
— Länge oder Dimensionen der Arme. V. 264.
— mit beweglichen Drehungspunkten. II. 88; V. 268. V. 299.
— Stärke derselben. V. 298.
— verschiedene Formen derselben. V. 266.
Bedeckung der Dampfkessel. III. 164.
Bekleidung oder Bemäntelung der Dampfcylinder. II. 56; IV. 195, 196.
Bersten der Dampfkessel, Ursachen. III. 187.
Bewegung. Fortpflanzung der Bewegung der Dampfkolbenstangen. V. 248, 273.
— Gesetz der Bewegung eines Dampfkolbens bei einem regelmäßigen Umlauf der Kurbel. V. 249.
— vertikale oder geradlinige einer Dampfkolbenstange, und wie dieselbe auf verschiedene Weise erlangt werden kann. V. 251—273.
Blei, Wärmeleitungskraft desselben. I. 6.
— Quantität der Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
— Schmelzpunkt desselben. I. 8.
Bleierne Stöpsel oder Pfröpfe, als ein Mittel, den Wassermangel in den Dampfkesseln zu erkennen. III. 189.
Bodenventil (siehe Fußventil).
Bolzen, Verbindungsbolzen; Bestimmung der Stärke. IV. 195.
Braithwaite, Erwähnung seiner Dampffeuerspritze. II. 96.
— und Erickson, Erwähnung ihres Entwurfes, den Zug des Feuers unter einem Dampfwagenkessel zu befördern oder zu erzeugen mittelst eines Gebläses oder einer Saugmaschine. III. 136.
Bramah, Dampfhahn desselben in Maudsleys Maschine. IV. 209.
Brennstoff, Consumtion desselben unter Dampfkesseln. III. 124.
Brunton, Kohlenspeiser und drehender Rost desselben. III. 165.
— rauchverzehrender Heerd desselben. III. 167.
Büchsen der Dampfhähne. IV. 210.
— der zapfenförmigen Enden der Balanciers. V. 267.

Digitized by Google

C.

Cartwright, Dampfkolben desſelben mit Metallliderung. IV. 200.
— ſeine Art, die Bewegung einer Dampfkolbenſtange auf eine Achſe fortzupflanzen. V. 259 u. 260.
Chapman, Kohlenſpeiſung desſelben. III. 165.
Coak, Quantität der entwickelten Wärme. I. 9.
— Gebrauch des Coaks unter Dampfkeſſeln. III. 124.
Concentriſche Ventile des Herrn Murdoch. IV. 206.
Condenſation des Dampfes durch Waſſer. I. 20.
— des Dampfes durch abkühlende Oberflächen. IV. 235.
Condenſationsapparat des Herrn Hall. IV. 235.
Condenſationsröhre (beſſer Ausflußröhre). I. 29.
Condenſationswaſſer, nöthige Quantität in beſondern Fällen. IV. 241.
Condenſator, Beſchreibung der Einrichtung und Aufrichtung desſelben. I. 29; II. 45, 110, 112; IV. 230, 231.
— Dimenſionen desſelben. IV. 239—242.
Congreve, Erwähnung ſeiner Dampfräder. I. 29.
Coniſches Pendel, Beſchreibung desſelben; Erklärung der Anwendung desſelben bei den Dampfmaſchinen. II. 40, 84.
— Beſtimmung der Wirkung desſelben; Dimenſionen desſelben. V. 290.
Cylinder (ſiehe Dampfcylinder).
— Stärke metallener Cylinder. III. 155, 157.
Cylindriſche Dampfſchubladen (ſiehe Dampfbüchſen).
Cylindriſche Keſſel (ſiehe Dampfkeſſel).

D.

Dampf, Abkühlung desſelben durch die Wände von Röhren oder Räumen, in welchen derſelbe eingeſchloſſen iſt. I. 25, 27.
— Anwendung des benutzten Dampfes in Maſchinen von hohem Druck. IV. 236.
— Ausdehnung des Dampfes bei verſchiedenen Temperaturen. I. 16.
— Ausdehnung desſelben. I. 21.
— Berechnung der Geſchwindigkeit des ausſtrömenden Dampfes. I. 23, 24.

Digitized by Google

Dampf, Berechnung der sogenannten größten mechanischen Kraft des Dampfes. II. 50.
— Dampfbildung aus kochendem Wasser. I. 2.
— Dichtigkeit desselben bei verschiedenen Temperaturen. I. 16.
— Gesetz der Bewegung und des Ausströmens desselben durch Röhren oder aus Oeffnungen. I. 23, 24.
— Quantität des Dampfes, welche durch die Verbrennung von 1 Pfund Steinkohlen erzeugt werden kann. I. 17.
— relative Wärmequantität, welche zur Dampfbildung erforderlich ist. I. 11.
— Spannung desselben für verschiedene Temperaturen. I. 15.
— Spannung und Wirkung desselben, wenn er außer Berührung des Wassers erhitzt wird. I. 19. und Zusatz zu I. 19.
— specifische Schwere desselben. I. 16.
— Verkühlung oder Condensation desselben durch Einspritzung von Wasser. I. 20.
— was unter Dampf zu verstehen ist. I. 12.
— Widerstand des nichtcondensirten Dampfes in Maschinen von niederem Druck. II. 51.
Dampfboat, Beschreibung des Hauptsächlichsten der Einrichtung eines Dampfbootes. II. 100, 101.
Dampfbootkessel, Anbringung desselben in einem Dampfboot. II. 101.
— Beschreibung desselben. II. 104.
— cylindrische und andere Formen des Kessels. II. 107.
— für niedern Dampfdruck; Berechnung der Dimensionen. III. 142.
— verschiedene Einrichtungen. III. 145.
Dampfbootmaschine, Anbringung und Verbindung der Excentrica mit der Welle des Schaufelrades. V. 279.
— Beschreibung der Einrichtung. II. 110.
— desgleichen von verschiedenen Einrichtungen. II. 113.
— Bestimmung der Kraft zur Fortbewegung eines Dampfbootes. II. 114.
— von niederem Druck; Aufstellung derselben in einem Dampfboote. II. 101.
Dampfbüchsen oder cylindrische Dampfschubladen, Einrichtungen und Formen, IV. 219.
— Dimensionen; Berechnung der Reibung und der Kraft, um dieselbe zu bewegen. IV. 220.
— für Maschinen mit zwei Cylindern. IV. 229.
Dampfcylinder, Bekleidung der Dampfcylinder. II. 56, 62; IV. 105 und 106.

Digitized by Google

Dampfcylinder, Beschreibung desselben. II. 39, 43.
— Bestimmung der Dimensionen des Dampfcylinders. IV. 193.
— Betrachtung der verschiedenen Einrichtungen. IV. 194.
— Erklärung des Zweckes, welchem dieser wichtige Theil dient. I. 29.
— für Maschinen mit zwei Cylindern. IV. 228.
— mit losen Platten nach der Angabe von Samuel Hall. V. 289.
— verschiedene Einrichtungen. IV. 218.
— Tabelle der Durchmesser der Dampfcylinder für Maschinen von niederem Druck. II. 53.
Dampfevacuationsröhre, um den Dampf entweichen zu lassen, ohne ein Sicherheitsventil zu öffnen. III. 184.
Dampfhähne, Dimensionen. IV. 210.
— Einrichtung und Steuerung für den Fall, daß der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. IV. 222.
— für das Reguliren des Zuflusses und Abflusses des Dampfes in Maschinen mit zwei Dampf- oder Treibcylindern. IV. 225.
— Hähne mit einem Weg. IV. 209.
— desgleichen mit zwei Wegen. ebend.
— desgleichen mit drei Wegen. ebend.
— desgleichen mit vier Wegen. ebend.
— hohle. ebend.
— rotirende. ebend.
— mechanische Steuerung oder Arten der Bewegung. V. 285, 286.
— Stellung derselben in ihren Büchsen. IV. 210.
— verschiedene Formen und Einrichtungen. IV. 208.
— Vortheile und Nachtheile derselben. IV. 211.
Dampfkammer, Beschreibung derselben. II. 39, 41.
— Beschreibung derselben für hohen Dampfdruck. II. 55.
— Beschreibung wagenförmiger und cylindrischer Kessel. II. 35.
— Bedeckung derselben. III. 164.
— Beispiele für die Anwendung. III. 140.
— Bestimmung der Heizfläche. III. 122.
— Bestimmung der Größe. III. 139.
— cylindrische; Bestimmung der Größe. III. 141.
— cylindrische mit einander vereinigt. III. 149.
— cylindrische mit innern Flammenzügen. III. 149.
— cylindrische mit Siederöhren. III. 150.
— cylindrische zusammengesetzte. III. 150.

Digitized by Google

Dampfkammer, Dampfkessel, hauptsächliche Beschreibung der Form, der Zusammensetzung ꝛc. II. 35.
— desgleichen; cylindrische. III. 162.
— desgleichen; wagenförmige Kessel. III. 161.
— einfache cylindrische. III. 149.
— für Dampfboote (siehe Dampfbootkessel).
— für eine Dampfmaschine von hohem Druck. II. 56.
— für eine Dampfmaschine von niederem Druck. II. 110, 111.
— hölzerne und steinerne. III. 152.
— kastenförmige. III. 146.
— kugelrunde und kugelförmige Kessel. III. 151.
— Prüfung derselben. III. 163.
— Reinigung derselben. III. 164.
— Stärke derselben; Bestimmung der Metallstärke und der Verankerung. III. 154.
— Stärke derselben; Beispiele. III. 160.
— verschiedene Einrichtungen. IV. 214.
— wagenförmige; verschiedene Einrichtungen, Dimensionen ꝛc. III. 143 — 145.
— wahrscheinliche Ursachen des Berstens und Zerreißens derselben. III. 187.
Dampfkolben, bestimmtere Beschreibung. IV. 197.
— Dimensionen derselben. IV. 202.
— Gesetz der Bewegung eines Dampfkolbens bei einer regelmäßigen rotirenden Bewegung der Kurbel. V. 249.
— hauptsächliche Beschreibung desselben. II. 39, 43.
— mit Hanfliderung. IV. 199.
— mit Metalliderung. II. 56; IV. 200.
— mit beweglichen Deckel- und Bodenstücken nach Angabe von Hall. V. 289.
— Reibung derselben. IV. 205*.
— verschiedene Arten der Bekleidung. IV. 197, 198.
Dampfkolbenstange, Bestimmung der Stärke. V. 294.
— Reibung in einem festen Auge. V. 250.
— verschiedene mechanische Mittel oder Einrichtungen, um ihr eine geradlinige Bewegung zu sichern. V. 251—273.
— Verbindungsarten mit dem unteren Vorderbolzen eines Parallelogrammes. V. 267.
— verschiedene Arten, um aus der abwechselnden Bewegung derselben eine rotirende abzuleiten. V. 251, 269, 271.
— desgleichen, um abwechselnde Bewegungen zu erlangen. V. 273.
Dampfmaschine, allgemeine Berechnung der Wirkung. I. 30.
— Beispiele verschiedener Formen und Einrichtungen. V. 251—254, 259, 260, 266.

Digitized by Google

Dampfmaschine, Beispiel einer Dampfmaschine von einfacher Wirkung. V. 273.
— in deren Cylindern der Dampf durch Ausdehnung wirkt. I. 29.
— desgleichen; allgemeine Berechnung der Wirkungen, wenn der Dampf in einem einzelnen Cylinder durch Ausdehnung wirkt. I. 31.
— mit horizontalem Cylinder; Beschreibungen. II. 96.
— desgleichen; einige Bemerkungen über diese Art von Maschinen. V. 253, 275.
— mit rotirendem Kolben; hauptsächliche Beschreibung. I. 29.
— desgleichen; ausführliche Beschreibung. II. 80—86.
— desgleichen; Berechnung der Wirkung des Dampfes. I. 33.
— desgleichen; Berechnung der Kraft. II. 83.
— desgleichen; desgleichen in zwei vereinigten Cylindern. I. 32.
— desgleichen; Beschreibung der besondern Einrichtung. II. 62.
— desgleichen; desgleichen im Falle von zwei Cylindern. II. 64.
— desgleichen; Berechnung der Kraft, wenn der Dampf mit niederem Druck in einem einzelnem Cylinder wirkt. II. 67.
— desgleichen; desgleichen, wenn der Dampf einen mittleren Druck ausübt. II. 69.
— desgleichen; desgleichen wenn der Dampf mit hohem Drucke wirkt. II. 70.
— desgleichen; desgleichen wenn der Dampf mit niederem Druck in zwei verbundenen Cylindern wirkt. II. 72.
— desgleichen; desgleichen, wenn der Dampf mit hohem Druck wirkt, während der benutzte Dampf condensirt wird. II. 74.
— desgleichen; desgleichen ohne Condensation des Dampfes. II. 76.
— dieselbe anzulassen und zu steuern, wenn sie von niederem Druck ist. II. 47 u. 48.
— ohne Balancier mit darüber angebrachtem Schwungrad. II. 94.
— von einfacher Wirkung; hauptsächliche Beschreibung derselben. I. 29.
— von Evans. II. 88.
— von Fenton, Murray und Wood. II. 89.
— von doppelter Wirkung und von niederem, von mittle-

Digitized by Google

rem und von hohem Druck; Bestimmung und Beschreibung. I. 29.
Dampfmaschine, von doppelter Wirkung und von niederem Druck; Beschreibung der Einrichtung. II. 34. 39.
— von hohem Druck; Beschreibung. II. 54.
— desgleichen, Berechnung der Kraft. II. 57.
— desgleichen; Vortheile, welche mit dem Gebrauche verbunden sind. II. 60; IV. 236.
— desgleichen für Dampfwagen. II. 119.
— von Mansby. II. 92.
— von Maudsly. II. 95.
— von mittlerem oder hohem Druck und von einfacher Wirkung. II. 93; V. 248.
— von Murdoch und Southern. II. 90.
— von niederem Druck; Berechnung der Kraft. II. 49 bis 54; und Zusatz in II. 53.
— zur Mittheilung einer abwechselnden geradlinigen Bewegung. II. 97; V. 273, 274.
Dampfmaschinen in den Niederlanden. Zusätze zu II. 99.
Dampfmesser, Beschreibung dieses Instrumentes. II. 37.
— für hohen Dampfdruck. II. 55.
— für den condensirten Dampf. IV. 234.
— verschiedene Einrichtungen und Dimensionen. III. 175.
Dampföffnungen des Dampfcylinders, Form und Größe derselben. IV. 193.
Dampfrohr, Beschreibung desselben. II. 37, 39.
— Bestimmung der Dimensionen. III. 169.
— Einrichtung und Anbringung desselben. III. 170.
— für zwei oder mehr Kessel. III. 140.
Dampfschiebeventil, Beschreibung eines solchen. II. 90, 111.
Dampfschubladen, Beschreibung ebener gekuppelter Schubladen und Erklärung ihrer Wirkung. II. 39, 42, 56.
— des Herrn Hall, Erwähnung. V. 288.
— des Herrn Seaward, Beschreibung. V. 288.
— doppelte für denselben Zweck. IV. 224.
— doppelte, welche durch eine einfache Bewegung wirken. V. 289*.
— ebene, Erklärung der Einrichtung, Dimensionen, Widerstand derselben ꝛc. IV. 214.
— ebene für denselben Zweck. IV. 224; V. 288.
— einer Dampfbootmaschine. II. 111.
— für Dampfmaschinen mit zwei Cylindern. IV. 227.

Digitized by Google

Dampfschublade, für den Fall, daß der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. V. 288.
— offene halbrunde. IV. 215.
— rotirende für den Fall, daß der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. IV. 223, 226.
— rotirende oder drehende. IV. 212.
— runde oder cylindrische. Siehe Dampfbüchsen.
— Steuerungsart oder Bewegung. V. 287.
— wie die Bewegung regulirt werden kann, wenn der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. II. 63.
Dampfventile, Dimensionen und Kraft, welche erforderlich sind, um dieselben in Thätigkeit zu setzen. IV. 207.
— Einrichtung und Steurungsart für den Fall, daß der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. IV. 221,
— Form und Einrichtung derselben, um den Zufluß und Abfluß des Dampfes zu reguliren. IV. 205.
— für Maschinen von einfacher Wirkung. IV. 205.
— von Hornblower. IV. 207.
— verschiedene Arten der Bewegung. V. 277—284.
Dampfwagen, hauptsächliche Beschreibung derselben. II. 118.
Dampfwagenmaschine. II. 118, 119.
Daubuisson und Girard, Erwähnung ihrer Versuche über das Gesetz der Reibung der Luft, wenn sie durch Leitungsröhren getrieben wird. III. 127.
Deckel zum Eingang eines Dampfkessels (siehe Eingang).
Drosselventil, Beschreibung und Erklärung seines Dienstes. II. 40*.
Druck, niederer, mittlerer und hoher Dampfdruck (siehe Dampfmaschinen).
— seitlicher Druck gegen eine Dampfkolbenstange, deren Bewegung durch ein Auge, oder auf eine andere unmittelbare Weise geleitet wird. V. 250.
Dynamometer, um die Wirkung einer Dampfmaschine zu messen. V. 292.

E.

Eingang eines Dampfkessels (Fahrloch). II. 37. 105.
— Einrichtung der Deckel der Eingangsöffnungen. III. 174.
Eisen, (Guß-), Ausdehnung durch die Wärme. I. 7.
— (Schmiede-), desgleichen. Ebendas.
— (gezogenes), desgleichen. Ebendas.

Digitized by Google

Eisen, Schmelzpunkt. I. 8.
— Wärmeleitungskraft desselben. I. 6.
Elastische Flüssigkeiten, Ausdehnung derselben. I. 7.
Ericsson und Braithwaite, ihr Plan, um mit Gebläs oder Saugepumpen den Zug des Feuers unter einem Dampfkessel zu befördern oder zu erzeugen. III. 136.
Evacuationshahn oder Ablaßhahn eines Dampfkessels. II. 37.
Evans, Beschreibung seiner Dampfmaschine. II. 88.
— dessen Condensationsapparat. II. 88; III. 780; IV. 235.
— die rotirende Dampfschublade seiner Maschine. IV. 223.
— die Einrichtung und Wirkung des Balanciers und der Parallelbewegung seiner Maschine. V. 268.
— die Einrichtung und Wirkung seines Balanciers. V. 299.
Excentrische Scheibe, Anbringung und Befestigung auf der Welle. V. 279.
— desgleichen für den Fall der umgekehrten Bewegung der Welle. V. 279.
— Anbringung und Richtung für die geregelte Bewegung der Dampfschubladen. V. 287.
— Art der Wirkung, wenn sie durch Dampfventile gesteuert wird. V. 278.
— Art ihrer Wirkung. II. 40*, 110.
— dreieckige zum Heben der Dampfventile. V. 282.
— Erläuterung der Stellung der excentrischen Scheibe in manchen Maschinen, welche nach Maudsley eingerichtet sind. V. 285.
— krummlinige zur Steuerung der Dampfschubladen oder der Dampfventile für den Fall, daß der Dampf durch Ausdehnung wirken soll. II. 63; V. 280—283.
— Theorie derselben entwickelt und angewendet. V. 279.

F.

Fenton, Dampfmaschine nach seiner Angabe. II. 89.
Fettschale auf einem Dampfcylinder. II. 43; IV. 194.
Feuer, Hitze eines Steinkohlenfeuers. I. 8.
Feuerfeste Steine für Oefen. Siehe Steine.
Feuerheerd, Beschreibung der Einrichtung. II. 36; III. 138.
— erforderliche Größe. III. 137.
— rauchverbrennende. III. 167.
Feuerkanäle, derselben Einrichtung erwogen. III. 137, 138, 144, 148.
— Dimensionen derselben. III. 137.

Digitized by Google

Feuerkanäle in den Dampfkesseln. II. 105.
— rings um die Dampfkessel, Beschreibung derselben. II. 36.
— Stärke geradliniger und runder Feuerkanäle. III. 161.
Feuerrost, Bestimmung der Größe desselben. III. 137.
— die Einrichtung desselben beschrieben und erwogen. III. 138.
Feuerzug, mechanische Mittel, um den Zug des Feuers zu beurtheilen. III. 136.
Field, dessen napfförmiges Dampfventil. IV. 222.
Flüssigkeiten, Ausdehnung derselben durch Erhöhung des Wärmegrades. I. 7.
Franklin, Speisungsapparat desselben für Kessel von hohem Dampfdruck. IV. 179.
Fußventil, Dimensionen desselben. IV. 243.
— Einrichtung und Construction. IV. 230, 231.

G.

Galloway, Erwähnung seiner Schaufelräder für Dampfboote. II. 102.
Gebläse, um den Zug des Feuers zu befördern. III. 136.
Gegenexcentricum, um ein loses Excentricum zu balanciren. II. 110, 112; V. 279.
Gegengewichte, um die Regelmäßigkeit der Bewegung zu befördern, oder um in Bewegung befindliche Theile zu balanciren. V. 291.
Geleise für Dampfwagen; hauptsächliche Beschreibung derselben. II. 118.
Geschwindigkeit, Theil des Dampfdruckes, welcher für die Geschwindigkeit der Bewegung eines Dampfkolbens erforderlich ist. II. 51, 58.
Gestelle für die Balanciers, Achsen und andere Theile der Dampfmaschinen. II. 110; V. 266.
Girard und Dubuisson, Erwähnung ihrer Versuche über die Reibung der Luft, welche durch Leitungsröhren getrieben wird. III. 127.
Glas, Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.

H.

Hälse der Achsen, Bestimmung ihrer Stärke. V. 305.
Hahn (Evacuations-), siehe Evacuationshahn.

Digitized by Google

Hahn (Dampf-), siehe Dampfhahn.
Hall (Samuel), Beschreibung seines Condensationsapparates. IV. 235.
— Beschreibung seiner Dampfschiebeventile mit beweglichen Platten und Deckeln. V. 289.
Hanfliderung der Dampfkolben. IV. 197—199.
Hebeköpfe (krummlinige Excentrica), um Dampfventile zu heben. V. 282.
Hebel, Bestimmung ihrer Stärke. V. 299.
Heber für die Schubstange der excentrischen Scheibe einer Dampfmaschine. II. 112.
Heerd eines Dampfkesselofens, (siehe Feuerheerd).
Heerdthür, Einrichtung derselben. II. 36; III. 138.
Heißwassercisterne (siehe Warmwassercisterne).
— Dimensionen. IV. 236.
— für das Speisewasser, Beschreibung derselben. II. 45, 110.
— nähere Beschreibung der Einrichtung. IV. 230, 231.
Herz, Einrichtung der Pumpenherzen. IV. 237—238.
Hochdruck (siehe Dampfmaschinen).
Hölzerne Balanciers (sie Balanciers).
Holz, Quantität der entwickelten Wärme durch die Verbrennung desselben. I. 9.
Holzkohle, Quantität der entwickelten Wärme durch Verbrennung derselben. I. 9.
Hornblower, Erwähnung seiner Maschine. I. 29.
— dessen Dampfventil. IV. 207.

J.

Injectionshahn, Beschreibung desselben. II. 45; IV. 230.
Injectionsöffnung, Bestimmung ihrer Größe. IV. 243.
Injectionsröhre, Beschreibung derselben. II. 45.
Injectionswasser (siehe Condensationswasser).

K.

Kaltwassercisterne (siehe Wassercisterne).
Kaltwasserpumpe, Erwähnung dieses Theiles. II. 34.
— Erläuterung ihrer Dienstleistung. II. 40.
— wo und wenn sie entbehrt werden kann. IV. 233.
— Einrichtungen derselben. IV. 238.
— Dimensionen derselben. IV. 245.

Digitized by Google

Kaltwasserpumpe, Bestimmung der Kraft, welche für ihre Wirkung erforderlich ist. IV. 246.
— Kolbenstange derselben, Bestimmung ihrer Stärke. V. 296.
Kessel (siehe Dampfkessel).
Kier, dessen Verbesserungen der Savery'schen Maschine, erwähnt in den Zusätzen zu I. 29 und V. 271.
Knieſtücke statt der Balanciers; ein Beispiel. II. 90.
— Stärke der Knieſtücke als gebogene Hebel. V. 299.
Kohlenspeisungsapparate, mechanische III. 165.
Kolben der Kaltwasserpumpe, Beschreibung und Erwägung der zweckmäßigen Einrichtungen. IV. 238.
— der Luftpumpe; Beschreibung der verschiedenen Einrichtungen ꝛc. IV. 230, 231.
— desgleichen; Dimensionen. IV. 243.
— desgleichen; Quantität der Reibung. IV. 244.
— des Treibcylinders; Erklärung des Zweckes. II. 39.
— desgleichen; Einrichtung, Zusammensetzung und Dimensionen. IV. 197.
— desgleichen; Gesetz der Bewegung. V. 249.
— der Speisepumpe, Einrichtung. IV. 237.
— desgleichen von Hall. IV. 289.
Kolbenstange, Dampfkolbenstange, nähere Angabe. II. 39, 40.
— desgleichen; Reibung in einem Auge, durch welches sie geleitet wird. V. 250.
— desgleichen; Leitung der Bewegung. V. 263.
— desgleichen; Verbindung mit dem unteren Vorderbolzen des Parallelogrammes. V. 267.
— desgleichen; Bestimmung der Stärke. V. 294.
Kolbenstangen der Luftpumpe und der Wasserpumpen; Anbringung derselben. II. 44; V. 267.
— desgleichen; verschiedene Arten der Bewegung. V. 275.
— desgleichen; Bestimmung ihrer Stärke. V. 295.
Kraft, Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen. Siehe Dampfmaschinen.
Kraftmesser, um die Leistung einer Dampfmaschine zu messen. V. 292.
Krumme Linie. V. 255 u. fgg.
Kreisrundes Excentricum (siehe excentrische Scheibe).
Kugelförmige Dampfkessel (siehe Dampfkessel). Bestimmung ihrer Stärke. III. 156.
Kupfer, mit Zink legirt (Messing), Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
— Schmelzpunkt desselben. I. 8.

Digitized by Google

Kupfer, Quantität der Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
— Wärmeleitungskraft desselben. I. 6.
Kupferdraht, Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
Kuppelung für doppelte Kurbeln der Wellen. I. 110.
— Bemerkungen über dieselbe. V. 269.
Kurbel, Art der Verbindung derselben mit einer Welle. V. 269.
— besonderer Druck gegen die Achse, auf welcher die Kurbel aufgezogen ist, erzeugt durch die Veränderlichkeit der Bewegung der Kurbelstangen. V. 250.
— Betrachtung der Bewegung und der Wirkung der Kurbel. V. 249.
— kann vortheilhaft ersetzt werden durch eine Scheibe oder ein Rad. II. 88.
— Kuppelung der Kurbeln einer Welle (siehe Kuppelung).
— Länge einer Kurbel. V. 269.
— noch besonders erwogen. V. 269.
— Stärke einzelner und doppelter Kurbeln. V. 301.
— statt einer excentrischen Scheibe. V. 279.
— veränderliche und mittlere Hebelarme der Kurbeln. V. 250.
Kurbelstange, Beschreibung derselben. II. 40.
— Formen und Stärke. V. 296.
— Länge derselben erwogen. V. 249.
— Reibung des Bolzens. V. 250.
— verschiedene Formen derselben. V. 269.
— Verbindung mit dem Balancier durch Büchsen oder bewegliche Bolzen. V. 267.
Kurbelwarze, Bestimmung der Quantität ihrer Reibung. V. 250.
— Form und Einrichtung. V. 269.
— Stärke derselben. V. 304.

L.

Leinöl, Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
— Siedepunkt desselben. I. 8.
Liderung der Dampfkolben und der Pumpenkolben. IV. 197—199.
— mechanische Einrichtung, um die Liderung anzuziehen. IV. 199.

Digitized by Google

Luft, heiße; Bewegung derselben in vertikalen Röhren. III. 126.
— Quantität derselben, die zur Verbrennung von 1 niederländischen Pfund Steinkohlen erforderlich ist. I. 10.
— Quantität derselben, welche aus Wasser entbunden werden kann. I. 18.
Luftpumpe an Dampfmaschinen; Erwähnung ihres Dienstes. II. 34.
— Anbringung derselben bei Maschinen von niederem Druck in Dampfbooten. II. 110.
— Berechnung der Dimensionen für verschiedene Fälle. IV. 214—243.
— Berechnung der Kraft, um die Luftpumpe in Thätigkeit zu setzen, oder für die erforderliche abwechselnde Bewegung des Luftpumpenkolbens. IV. 244.
— besondere Beschreibung derselben. II. 112.
— Beschreibung derselben. II. 40.
— Stellung derselben im Condensator. II. 84.
— verschiedene Einrichtungen derselben. IV. 230, 231.
Luftpumpenkolben, dessen Einrichtung. IV. 230, 231.
— Dimensionen desselben. IV. 243.
— Quantität der Reibung. IV. 244.
— wie die Bewegung desselben in verschiedenen Fällen von der Bewegung des Dampfkolbens abgeleitet werden kann. V. 275.
Luftpumpenkolbenstange, Beschreibung der Anbringung derselben. II. 44; V. 267.
— Stärke derselben. V. 295.
Luftventil auf einem Dampfkessel; Beschreibung dieses Ventils. I. 37.
— Einrichtung desselben erörtert. III. 173.

M.

Mansby, Dampfmaschine desselben mit schaukelnden Cylindern. II. 92.
Mantel (siehe Bekleidung).
— (siehe Bekleidung des Cylinders).
Maschine, Art der Steuerung dieser Schublade. V. 277.
— (atmosphärische Dampf-) Grundsätze der Wirkung und hauptsächliche Einrichtung derselben erklärt. I. 29.
— Einrichtung der Dampfventile. IV. 205.
— Erklärung der Wirkung der Dampfschublade. IV. 213.

Digitized by Google

Maschine von doppelter Wirkung, Erklärung der hauptsächlichen Einrichtung derselben. I. 29.
— besondere Beschreibung derselben. II. 34—49.
— Einrichtung und Wirkung der Dampfventile. IV. 206.
— Steuerungsart der Dampfventile. V. 278.
— von einfacher Wirkung, die Wirkung insbesondere und die Einrichtung derselben erklärt. I. 29.
— von einfacher Wirkung, Beispiel oder Skizze derselben. V. 273.
— mit horizontalen Cylindern, einige Bemerkungen über das mehr oder weniger Gute und Vortheilhafte ihrer Einrichtung. V. 253, 275.
— von mittlerem Druck ohne Luftpumpe. IV. 232.
— von niederem, von mittlerem und von hohem Druck, Erklärung der Bedeutung dieser Benennungen. I. 29. Nebst Zusätzen zu diesem Art.
— von niederem Druck, Berechnung ihrer Kraft. II. 49.
— von hohem Druck, desgleichen. II. 57.
— von mittlerem Druck, desgleichen. II. 69.
— von niederem, mittleren oder hohen Druck, in welcher der Dampf mit Ausdehnung wirkt; Berechnung der Kraft. II. 66, 70, 72—77.
— Steuerungsart der Dampfventile. V. 277.
Maschinen mit horizontalen Cylindern, Beschreibung derselben. II. 96.
Masterman, Erwähnung seines Dampfrades, Zusätze zu. I. 29.
Maudsley, Beschreibung seiner Dampfmaschine. II. 95.
— Beschreibung des Dampfhahnes seiner Maschine. IV. 209.
— Erklärung des Standes des Excentricums zur Bewegung des Dampfhahnes seiner Maschine. V. 285.
Metalle, Quantität ihrer Ausdehnung durch die Wärme. I. 7.
Metalllegirungen, schmelzbare. I. 8; III. 190.
Metallliderung des Dampfkolbens. IV. 197, 198.
— Beschreibung des Dampfkolbens mit Metallliderung. IV. 200.
Mittlerer Druck (siehe Maschine oder Dampfmaschine von mittlerem Druck).
Murdoch, Beschreibung seiner Dampfmaschine. II. 90.
— dessen concentrische Dampfventile. IV. 206.
Murray, dessen Dampfmaschine. II. 89.
— dessen Dampfschubladen. IV. 215.

Digitized by Google

N.

Nancarrow, dessen verbesserte Savery'sche Maschine erwähnt, Zusätze zu. I. 29; V. 271.
Newcomen, Erwähnung seiner atmosphärischen Maschine. I. 29.
Niederer Druck (siehe Dampfmaschine oder Maschine).
Niedersteigende Stangen, Stärke derselben. V. 296.
Nietnägel, Stärke derselben. III. 159.
Nothventile, kleine Sicherheitsventile. V. 284, 288.
— um eine erhöhte Dampftemperatur anzuzeigen. III. 191.

O.

Oberfläche, Wärme empfangende oder Heizfläche der Dampfkessel (siehe Dampfkessel).
Oel (Leinöl), Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
— Siedepunkt desselben. I. 8.
— (Terpentinöl), Siedepunkt desselben. I. 8.
— (Vitriolöl), Siedepunkt desselben. I. 8.
Ofen, Beschreibung eines Dampfkesselofens. II. 36.
— Einrichtungen und Dimensionen von Oefen. III. 137, 138.

P.

Parallelbewegung mittelst Zug- und Verbindungsstangen; verschiedene Zusammensetzungen nebst der Theorie. V. 254—258.
Parallelogramm, Angabe desselben. II. 40.
— besondere Formen des Ganzen und der Theile des Parallelogrammes. V. 266, 267.
— Construction für verschiedene Fälle. V. 265, 268.
— Formen der verschiedenen Bolzen, Stangen ꝛc. V. 267.
— für Dampfmaschinen von niederem Druck. II. 110.
— für die Fälle, daß die Balanciers unter oder an der Seite der Dampfcylinder angebracht sind. V. 268.
— nähere Beschreibung desselben. II. 44.
— Theorie der Wirkung und der Construction des Scharnierparallelogrammes. V. 264.
Parallelstangen, Beschreibung. II. 44.
— Einrichtung. V. 267.
— Stärke der Vorder- und Hinterstangen. V. 297.

Digitized by Google

Parallelstangen, Stärke der Parallelstangen und Zugstangen. V. 297.
— Stärke der verschiedenen Bolzen und Zapfen. V. 303.
Peclet, Erwähnung seiner Versuche über die Bewegung heißer Luft in vertikalen Röhren. III. 126.
Pendel, konisches. II. 40. 84.
— (konisches oder rotirendes), Beschreibung dieses Theiles und Erklärung seiner Wirkung. II. 40*.
— Dimensionen. V. 290.
Pferdekräfte, Berechnung des Vermögens einer Dampfmaschine in Pferdekräften. II. 53, 59.
Platten, Stärke ebener Platten, welche vom Dampf gedrückt werden. III. 158.
— Stärke derselben. V. 297.
Prüfung der Dampfkessel. III. 163.
Pumpen (Luftpumpe, Kaltwasserpumpe und Warmwasserpumpe); Bewegungen ihrer Kolben. V. 275.
Pumpenstangen, Stärke der verschiedenen Pumpenstangen. V. 295.

Q.

Quecksilber, Quantität der Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 7.
— Siedepunkt desselben. I. 8.
— Quantität der latenten Wärme für die Dampfbildung. I. 11.
Querhäupter der Dampfkolbenstangen und anderer Stangen. II. 89, 95, 110.
— Bestimmung ihrer Stärke. V. 300.

R.

Räderwerk, um die geradlinigen Bewegungen eines Dampfkolbens zu bestimmen und fortzupflanzen. V. 259.
— Stärke der Zähne und Speichen. V. 308.
Rauch, specifische Schwere desselben. I. 10; III. 125.
— Bewegung desselben in den Schornsteinröhren. III. 126.
Rauchverbrennende Heerde. III. 167.
— Bemerkung über dieselben, Zusatz zu. III. 167 u. 168.
Register (Schornstein-), mechanische Steuerung desselben. III. 166.

Regulatoren, um das Einströmen des Dampfes in einen Cylinder zu reguliren, behufs der gleichmäßigen Bewegung einer Dampfmaschine. V. 290.
Reibung, Quantität der Reibung der Dampfkolben. IV. 203.
— Quantität der Reibung der Dampfschubladen. IV. 217.
— desgleichen des Luftpumpenkolbens. IV. 244.
— desgleichen einer Dampfkolbenstange, welche in einem festen Auge geleitet wird. V. 250.
— desgleichen der Kurbelwarze und des Bolzens einer Kurbelstange. V. 250.
— desgleichen der Bolzen eines Parallelogrammes. V. 262. 303.
— desgleichen der Zapfen eines Balanciers. V. 262. 303.
Reinigung der Dampfkessel; Zusatz zu III. 164.
Roberton, rauchverzehrender Heerd desselben. III. 167.
Robinson, Dampfmesser desselben, um die Veränderung der Dampfspannung im Cylinder zu erforschen. V. 292.
Rost (siehe Feuerrost).
Roststäbe, Bestimmung ihrer Größe. III. 137.
— Einrichtung und Formen. III. 138.

S.

Säulen zur Unterstützung von Plattformen und Gestellen für Dampfmaschinen. II. 46.
— specielle Bemerkungen über den Stand und die Verbindung derselben. V. 266.
Saugwerk, um den Feuerzug zu befördern. III. 136.
Savery, Erwähnung seines Dampfapparates; Zusatz zu I. 29.
Scharnierparallelogramm (s. Parallelogramm).
Schaufelräder zur Fortbewegung der Dampfboote. II. 100.
— nähere Beschreibung derselben. II. 102.
— mit beweglichen Schaufeln ꝛc.; Zusatz zu II. 102.
— Betrachtung ihrer Wirkung ꝛc. II. 116.
— Schaufelradwellen, deren Anbringung und Zusammensetzung. II. 101.
Scheiben statt Kurbeln. V. 269.
— deren Stärke. V. 301.
Schlammlöcher eines Dampfbootkessels. II. 104.
Schmelzbare Plättchen, um die hohe Temperatur des Dampfes zu erkennen. III. 190; ferner Zusätze.
Schmelzpunkt der Metalle und der Metallegirungen. I. 8.

Digitized by Google

Schnaubeventil oder Schnüffler, Erklärung seines Dienstes. II. 45.
— wie man dasselbe in einer gewöhnlichen Dampfbootmaschine von niederem Druck anbringt. II. 111.
— Bemerkung über die Nothwendigkeit desselben. IV. 230.
Schornstein eines Dampfkesselofens. II. 36.
— eiserne Schornsteinröhre. II. 105.
— Beschreibung der gehörigen Einrichtung desselben. III. 125, 129, 132, 135.
— Beschreibung eines Schornsteinschirmes. III. 134.
— Regeln zur Bestimmung der Dimensionen von Schornsteinröhren. III. 130.
— mechanische Mittel, um sich zu helfen, wenn die Schornsteinröhren nicht die hinlänglichen Dimensionen besitzen. III. 136.
Schornsteinregister (siehe Register).
Schraubenbolzen oder Verbindungsbolzen, deren Stärke. IV. 193.
Schüren, über das Schüren des Feuers unter einem Dampfkessel. II. 38.
Schwefeläther, Siedepunkt. I. 8.
— Quantität der latenten Wärme im Dampfe des Schwefeläthers. I. 11.
Schwefelsäure, Siedepunkt. I. 8.
Schwungrad, Erklärung seines Dienstes in einer Dampfmaschine. II. 40*.
— dessen Dienst näher erklärt und erwogen. V. 270, 291.
— Berechnung der erforderlichen Größe und Schwere in besondern Fällen. V. 306.
— Berechnung der Dimensionen der Speichen eines Schwungrades. V. 307.
Seaward, Beschreibung seiner Dampfschubladen. V. 289.
Seewasser, Siedepunkt. I. 13.
Sicherheitsmittel, besondere Mittel, um eine erhöhte Dampfspannung in den Kesseln zu erkennen, oder um nachtheilige Folgen derselben zu verhüten. III. 187.
Sicherheitsröhren, Zweck und Einrichtung derselben. III. 172 und Zusatz hierzu.
Sicherheitsventile, hauptsächliche Beschreibung, Erklärung des Dienstes und der Wirkung. II. 37, 55.
— auf einem Dampfbootkessel. II. 106.
— bestimmtere Beschreibung derselben. III. 182.
— Erfordernisse derselben. III. 183.
— ebene Ventile. III. 183.

Digitized by Google

Sicherheitsventile, Kegelventile. III. 183.
— kugelförmige Ventile. III. 183.
— unmittelbar belastete Ventile. III. 184.
— Ventile, welche mit belasteten Hebeln gedrückt werden. III. 184.
Siederöhren, Dampfkessel mit Siederöhren. III. 150.
— Stärke derselben. III. 162.
Smeaton, kugelförmiger Dampfkessel desselben. III. 151.
Sonnen- und Planetenrad, Erklärung der Wirkung. V. 271.
Southern, Dampfmaschine desselben. II. 92.
Speichen der Schwungräder, wie die Stärke derselben durch Berechnung zu bestimmen ist. V. 307.
— der Zahnräder; Bemerkung über die Berechnung ihrer Stärke. V. 308.
Speisepumpe, Erwähnung derselben. II. 34.
— Beschreibung derselben. II. 40.
— von Dampfbootmaschinen; Einrichtung und Anbringung. II. 112.
— verschiedene Einrichtungen u. Eigenthümlichkeiten. IV. 237.
— von doppelter Wirkung. IV. 237.
— Dimensionen. IV. 245.
— Kraft, welche erforderlich ist, um dieselbe in Thätigkeit zu setzen. IV. 246.
— Kolbenstange derselben; Bestimmung der Stärke. V. 295.
Speiseröhre, Zweck und Beschreibung derselben. II. 37.
— Einrichtung und Dimension. III. 178.
Speisewasser, verschiedene Arten, um dasselbe zu erwärmen. IV. 236.
Speisungsapparat auf Kesseln für hohen Dampfdruck. II. 55.
— verschiedene Einrichtungen und Dimensionen. III. 178; IV. 237.
Stahl, Quantität der Ausdehnung desselben durch die Wärme. I. 2.
Stange der excentrischen Scheibe, Einrichtung, um dieselbe bequem und genau zu heben. II. 112.
Stangen. Siehe die bestimmteren Benennungen Kolbenstangen, Zugstangen, Parallelstangen ꝛc.
— Stärke derselben. V. 294.
Steine, feuerbeständige, Anwendung derselben zu Dampfkesselöfen. II. 36.
— Beschreibung der Darstellung dieser Steine. II. 85.
Steinkohlen, Quantität der Wärme, welche durch die Verbrennung derselben entwickelt wird. I. 9.

Digitized by Google

Stühle für die Zapfen der Balanciers und für die Wellen der Dampfmaschinen; einige Eigenthümlichkeiten über ihre Stellung. V. 266.

Stöpselventil, Beschreibung desselben und Bezeichnung seines Dienstes. II. 37.

— besondere Einrichtungen. III. 170.

Stopfbüchsen der Cylinderdeckel, Pumpendeckel ꝛc. IV. 194.

Strickförmige krumme Linie, beschrieben durch das Ende einer Stange, deren geradlinige Bewegung durch gegenüberliegende Zugstangen gesichert wird. V. 255.

T.

Terpentin. Siehe Oel.

Thermometer als Sicherheitsmittel, um eine erhöhte Dampfspannung in den Kesseln anzuzeigen. III. 190.

— Erklärung der Einrichtung desselben. I. 3.

Thermometerskalen, Vergleichung der gebräuchlichen. I. 3.

Thomson, rauchverbrennender Heerd desselben. III. 167.

Thür des Heerdes (siehe Heerdthür).

Todter Punkt der Bewegung einer Kurbel (siehe Kurbelbewegung).

Tredgold, Speisungsapparat desselben für Kessel, welche hochdrückenden Dampf erzeugen. III. 179.

Trevithick, dessen bleierne Pfröpfe. III. 189.

Torf, Quantität der Wärme während der Verbrennung entwickelt. I. 9.

— desgleichen; Zusatz zu I. 9.

U.

Uebergewichte, um Widerstände in gewissen Richtungen der Bewegung zu überwinden. V. 291.

V.

Ventile (siehe Dampfventile).

— des Embolus der Luftpumpe ꝛc.; Dimensionen. IV. 243.

Verankerung der Dampfkessel. III. 161.

Verbindungsbolzen, Stärke derselben. IV. 193.

Digitized by Google

Verbindungsstangen (auf- und niedersteigende), Bestimmung ihrer Stärke. V. 296.
— zur Vereinigung der Zugstangen, um die vertikale Bewegung einer Dampfkolbenstange zu leiten. V. 254, 255, 258.
— der Parallelogramme; Maaß derselben. V. 264.
Verräther des Wassermangels in einem Dampfkessel; verschiedene Einrichtungen. III. 172, 189.
— der erhöhten Dampfspannung. III. 188.
— der erhöhten Dampftempatur. III. 190.
— des Heerdes eines Dampfkessels. III. 165.

W.

Wärme, Ausdehnung der Körper durch die Wärme. I. 2, 7.
— Leiter derselben. I. 2, 6.
— Quantität derselben, welche bei der Verbrennung einiger Stoffe entwickelt wird. I. 9.
— specifische. I. 11.
— (strahlende), Wirkungen derselben. I. 2, 4.
— Veränderung des Zustandes der Körper durch die Wirkung der Wärme. I. 2.
— verborgene. I. 11.
— Verminderung derselben oder Abkühlung. I. 5.
Wärmeempfangende Oberfläche (Heizfläche) der Dampfkessel. (Siehe Dampfkessel).
Wärmegrad, Tabelle merkwürdiger Wärmegrade. I. 8.
Wärmeleiter (siehe Wärme).
Wärmemesser (siehe Thermometer).
Wärmestoff, was man unter demselben verstehen kann. I. 1.
Warze der Kurbel einer Dampfmaschine; Reibung derselben. V. 250.
— Stärke. V. 304.
Wasser (reines, süßes), Ausdehnung durch die Wärme. I. 7.
— desgleichen; Siedepunkt. I. 8.
— salziges, Ausdehnung durch die Wärme. I. 7.
— desgleichen; Siedepunkt. I. 8.
relative Quantität der Wärme, die zur Dampfbildung
orderlich ist. I. 11.
cisterne (Kaltwassercisterne) einer Dampfmaschine,
eibung derselben. II. 39, 40, 45.
Erwägung der Einrichtung. IV. 230, 231.
ung und Einrichtung unterirdischer Kaltwasser-
V. 266.

Digitized by Google

Wasserkanäle in den Dampfbootkesseln. II. 105.
Wassermangel, Verräther desselben in den Dampfkesseln. III. 172, 189.
Wasserschwimmer, Einrichtungen. III. 171.
Wasserstoffgas, Wärmegrad, welcher zum Entzünden desselben erforderlich ist. I. 8.
Wasserventile auf Dampfcylindern II. 112.
Wasserzeiger, Beschreibung desselben. II. 37.
— Erwägung der besondern Einrichtung. III. 171.
Watt, Beschreibung seiner rauchverbrennenden Heerde. III. 167. 168.
— dessen Maschinen von einfacher und doppelter Wirkung. I. 29.
— dessen Sonnen- und Planetenrad. V. 271.
— dessen Indicator und Zähler. V. 292.
— sein Entwurf einer Dampfmaschine mit rotirendem Kolben. II. 80.
— Theorie seines Scharnierparallelogrammes. V. 263. 264.
Weingeist (siehe Alkohol).
Welle, deren Verbindung mit der Kurbel einer Dampfmaschine. V. 269.
— Stärke derselben (siehe Achse).
White, dessen mechanische Zusammensetzung, um aus der abwechselnden Bewegung eines Dampfkolbens eine rotirende Bewegung abzuleiten. V. 259.
Widerstände der Reibung ꝛc. (siehe Reibung).
Widerstand des entgegenwirkenden Dampfes in Treibcylindern. II. 51, 58.
Wirkung, Mittel, um diejenige einer Dampfmaschine zu messen. V. 292.
Wismuth, Schmelzpunkt. I. 8.
— Legirung mit andern Metallen, um schmelzbare Metallmischungen zu bilden. I. 8; III. 190.
Wood, dessen Dampfmaschine. II. 89.
Woolff, dessen Dampfmaschine mit zwei vereinigten Cylindern. I. 29.
— dessen Dampfkolben. IV. 199.
— dessen Dampfhähne. IV. 225.
— desgleichen; Vereinfachung derselben. IV. 225.
— Einrichtung der Dampfkessel mit Siederöhren nach seinem Entwurf. III. 150.
— über die nach seinem Plan eingerichtete Dampfmaschine. II. 64.

Digitized by Google

Z.

Zähler, um die Zahl der Dampfkolbenspiele zu beobachten. V. 292.
Zähne des Räderwerkes, Bestimmung ihrer Dimensionen und Stärke. V. 308.
Zahnräder, besondere Verstärkungsarten der Zähne. V. 308.
— Speichen derselben (siehe Speichen).
Zapfen der Balanciers; Stärke und Reibung. V. 303.
— der Kurbel und der Kurbelstangen; Bestimmung der Quantität ihrer Reibung. V. 250.
— der Kurbel und Kurbelstange, Stärke. V. 303.
— des Parallelogrammes und der Kurbelstange; besondere Einrichtung derselben. V. 267.
— die Reibung derselben zu berechnen. V. 262.
— die Stärke derselben zu berechnen. V. 302.
— und Hälse der Achsen; Stärke derselben. V. 302.
Zink, Wärmeleitungskraft. I. 6.
— Ausdehnung durch die Wärme. I. 7.
— Schmelzpunkt. I. 8.
Zinn, Wärmeleitungskraft desselben. I. 6.
— Schmelzpunkt desselben. I. 8.
Zugstangen eines Scharnierparallelogrammes. II. 44.
— desgleichen; Berechnung ihrer Länge. V. 265.
— um die vertikale Bewegung einer Dampfkolbenstange zu sichern; Einrichtung der ganzen Zusammensetzung und Theorie. V. 254—258; 263.
— verschiedene Arten, die festen Drehungspunkte zu unterstützen. V. 266.
— desgleichen; Einrichtung. V. 267.
— desgleichen; Bestimmung der Stärke. V. 297.
Zungen in den Schornsteinröhren. III. 133.

Digitized by Google

Digitized by Google

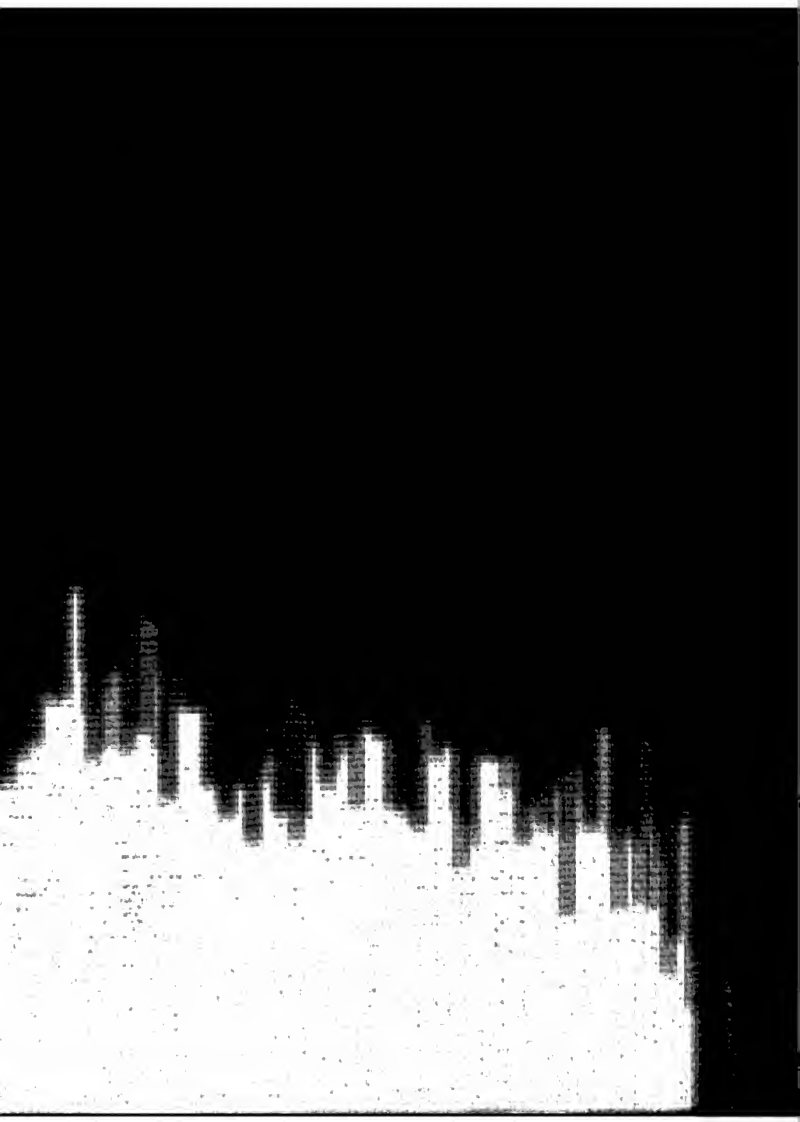
Digitized by Google

FEB 2 8 1929

FEB 2 8 1929

FEB 2 8 1929

FEB 2 8 1929



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google